

VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ
ÚSTAV STROJÍRENSKÉ TECHNOLOGIE

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING
INSTITUTE OF MANUFACTURING TECHNOLOGY

MOŽNOSTI ELEKTRICKÉHO PROPOJENÍ SOUČÁSTEK V AUTOMOBILOVÝCH ZÁMCÍCH

DIFFERENT METHODS OF CONNECTING ELECTRICAL PARTS IN CAR LOCKS

DIPLOMOVÁ PRÁCE
DIPLOMA THESIS

AUTOR PRÁCE
AUTHOR

Bc. PAVEL KOLLÁR

VEDOUCÍ PRÁCE
SUPERVISOR

Ing. LADISLAV ŽÁK, Ph.D.

BRNO 2011

Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství

Ústav strojírenské technologie

Akademický rok: 2010/11

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

student(ka): Bc. Pavel Kollár

který/která studuje v **magisterském studijním programu**

obor: **Strojírenská technologie a průmyslový management (2303T005)**

Ředitel ústavu Vám v souladu se zákonem č.111/1998 o vysokých školách a se Studijním a zkušebním řádem VUT v Brně určuje následující téma diplomové práce:

Možnosti elektrického propojení součástek v automobilových zámcích

v anglickém jazyce:

Different methods of connecting electrical parts in car locks

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Zpracovat literární studii problematiky elektrického propojení součástí automobilových zámků pomocí vodivých plastů a navrhnout ověřovací formu pro konkrétní součást.

Cíle diplomové práce:

1. teoretický rozbor možností elektrického propojení součástek v zámcích (kabely, STG,3D-MID, vodivé plasty) z hlediska možnosti aplikace, konstrukční a finanční výhodnosti
2. návrh a aplikace vodivých plastů na konkrétním díle
3. Výkresová dokumentace formy
4. Ekonomické hodnocení

Seznam odborné literatury:

KOLOUCH, Jan. Strojírenské výrobky z plastů vyráběné vstřikováním. 1. vyd. Praha : SNTL, 1986. 229 s.

SOVA, Miloš, KREBS, Josef. Termoplasty v praxi : Praktická příručka pro konstruktéry, výrobce, zpracovatele a uživatele termoplastů. 5. aktualiz. vyd. Praha : Verlag Dashöfer, 1999-2000. růz s., CD-ROM. ISBN 80-86229-15-7.

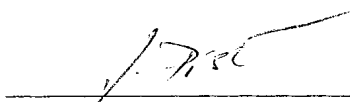
ZEMAN, Lubomír. Vstřikování PLASTŮ. Těšínova 5, Praha 10: Nakladatelství BENtechnická literatura, 2009. 247 s. ISBN 978-80-7300-250-3.

Vedoucí diplomové práce: Ing. Ladislav Žák, Ph.D.


Termín odevzdání diplomové práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2010/11.

V Brně, dne 22.11.2010





prof. Ing. Miroslav Píška, CSc.
Ředitel ústavu



prof. RNDr. Miroslav Doupovec, CSc.
Děkan

ABSTRAKT

V této práci jsou popsány možnosti elektrického propojení součástek v automobilových zámcích a v praktické části projektu je provedena aplikace elektricky vodivých plastů na zadaném dílci. Jsou zde zpracovány možnosti využití elektrických kabelů, plošných spojů, STG vodičů, 3D-MID technologie a elektricky vodivých plastů u automobilových zámků. Uvedené možnosti jsou vzájemně porovnány.

V praktické části aplikace el. vodivých plastů na daném dílci, se projekt zabývá návrhem prototypové výroby. Pro tento účel byly navrženy potřebné změny v konstrukci poskytnuté malosériové vstřikovací formy. Dále projekt obsahuje ekonomické hodnocení prototypové výroby a výkresovou dokumentaci.

Klíčová slova

Elektricky vodivé plasty, 3D-MID, elektrické kabely, plošné spoje, STG vodiče, vstřikování plastů, vstřikovací forma

ABSTRACT

This Diploma thesis is aimed at various ways of connecting electrical parts in car locks. This part of the thesis includes technologies of electric cables, printed circuit boards, lead frames, 3D-MID technology and technology of electroconductive plastics materials. Listed technologies are compared.

The aim of the practical thesis portion is the application of electroconductive plastic materials on the given part. For this purpose necessary changes were designed in the provided small series injection mold. The thesis also includes drawing documentation of the designed construction changes in the injection mold, as well as economic appraisal of the prototype manufacturing fees.

Key words

Electroconductive plastics materials, 3D-MID, electric cables, printed circuit boards, flexible circuit boards, lead frames, injection molding, injection mold

Bibliografická citace

KOLLÁR, Pavel. *Možnosti elektrického propojení součástek v automobilových zámcích*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2011. 111 s., 21 příloh. Vedoucí diplomové práce Ing. Ladislav Žák, Ph.D.

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci na téma možností elektrického propojení v automobilových zámcích vypracoval samostatně s použitím odborné literatury a pramenů, uvedených na seznamu, který tvoří přílohu této práce.

Datum

.....

Pavel Kollár

PODĚKOVÁNÍ

Děkuji tímto panu Ing. Ladislavu Žákovi, Ph.D, za cenné připomínky a rady při vypracování diplomové práce. Dále děkuji všem zaměstnancům nejmenovaného podniku, za cenné konzultace k problematice tohoto projektu a panu Ing. Milanu Kopečkovi (ze společnosti BASF) za celkovou spolupráci.

OBSAH

Abstrakt.....	3
Prohlášení.....	5
Poděkování	6
Obsah	7
Úvod.....	10
1. AUTOMOBILOVÉ ZÁMKY	11
1.1 Historie a vývoj automobilových zámků	11
1.2 Úvod do problematiky automobilových zámků.....	12
2. POŽADAVKY, KRITÉRIA A ZKOUŠKY ELEKTRICKÝCH SOUSTAV	
AUTOMOBILOVÝCH ZÁMKŮ	13
2.1 Požadavky na soustavy elektrického vybavení zámků	14
2.2 Požadavky na vodiče elektrických soustav a jejich spoje	16
2.3 Zkoušky elektrických obvodů.....	17
2.3.1 Elektrické zkoušky.....	18
2.3.2 Zkouška vodotěsnosti	18
2.3.3 Zkoušky stárnutí dílů	19
3. MOŽNOSTI ELEKTRICKÉHO PROPOJENÍ SOUČÁSTEK	
V AUTOMOBILOVÝCH ZÁMČÍCH.....	19
3.1 Elektrické kabely.....	20
3.1.1 Historie a vývoj elektrických kabelů.....	20
3.1.2 Rozdělení elektrických kabelů podle typu izolační vrstvy	21
3.1.2.1 Vulkanizované elastomerické izolační vrstvy (kaučuky).....	21
3.1.2.2 Termoplastické izolační vrstvy.....	22
3.1.2.3 Zesíťené izolační materiály	24
3.1.3 Princip technologie k opláštování elektrických kabelů	25
3.1.4 Shrnutí dosažitelných vlastností elektrických kabelů a jejich vhodnost pro využití v automobilových zámčích	26
3.2 Plošné spoje	28
3.2.1 Tištěné plošné spoje PCB (Printed Circuit Board).....	28
3.2.2 Ohebné plošné spoje FPC (Flexible Printed Circuit)	30

3.3 STG vodiče - Stanzgitter	31
3.3.1 Výroba STG vodičů	32
3.3.2 Odstraňování spojovacích můstků u STG	32
3.3.3 Výroba auto-zámků obsahující STG vodiče s ohledem na požadavek krytí IP6K7	33
3.3.3.1 Možnosti výroby auto-zámků s STG vodiči bez požadavku krytí IP6K7	33
3.3.3.2 Možnosti výroby auto-zámků s STG vodiči a požadavkem krytí IP6K7	34
3.3.4 Používané materiály a jejich povrchové úpravy	38
3.3.5 Montáž a napojování el. součástek na STG dráhy	38
3.3.6 Shrnutí dosažitelných vlastností STG vodičů a jejich vhodnost pro využití v automobilových zámcích	40
3.4 3D-MID technologie	43
3.4.1 Popis technologie	43
3.4.2 Způsob pokovení vodivých drah	45
3.4.3 Používané polymerní materiály	46
3.4.4 Materiály nabízené společností BASF	46
3.4.5 Montáž a napojování el. součástek na vodiče 3D-MID	49
3.4.6 Využití technologie 3D-MID v sériové výrobě	51
3.4.7 Dosavadní využití technologie 3D-MID	54
3.4.8 Vhodnost technologie 3D-MID pro oblast automobilových zámků a možnosti plnění jednotlivých požadavků v této oblasti	55
3.5 Elektricky vodivé plasty	57
3.5.1 Konduktivita vodivých plastů	58
3.5.2 Princip elektrické vodivosti u vodivých plastů	59
3.5.3 Technologie vstřikování	60
3.5.3.1 Popis vybraných pojmů v oblasti vstřikování	61
3.5.4 Zabíhavost vodivých plastů a možnost tvorby elektrických vodičů ...	62
3.5.5 Používané materiály polymerní matrice u vodivých plastů	64
3.5.6 Chování vodivých plastů při proudovém zatížení a za zvýšených teplot	65
3.5.7 Využití vodivých plastů v praxi	66

3.5.8 Vhodnost vodivých plastů pro využití u automobilových zámků	66
3.6 Tabulkové srovnání všech uvedených možností	69
4. ÚVOD DO PRAKTICKÉ ČÁSTI PROJEKTU	71
4.1 Zadání	71
4.2 Funkce zadaného dílu v sestavě zámku a jeho popis	72
4.3 Popis původní podoby vstřikovací formy a základních parametrů vstřikovacího stroje	75
5. APLIKACE EL. VODIVÝCH PLASTŮ NA ZADANÉM DÍLCI A NÁVRH PROTOTYPOVÉ VÝROBY	77
5.1 Návrh principu výroby prototypu s aplikací vodivých plastů	77
5.2 Využití vstřikovacího zařízení babyplast	79
5.3 Navrhované změny v konstrukci dílu	82
5.3.1 Zvolený tvar vodivých drah a konektorů	83
5.4 Navrhované změny v konstrukci formy	86
5.4.1 Návrh konektorů	86
5.4.2 Návrh jader	87
5.4.3 Úpravy formy	89
5.5 Popis jednotlivých fází vstřikování v upravené formě	91
5.6 Možné komplikace v průběhu projektu a návrhy jejich řešení	97
6. PŘEDPOKLÁDANÉ NÁKLADY NA PROTOTYPOVOU VÝROBU A REALIZACI PROJEKTU	103
6.1 Cenové odhady jednotlivých položek projektu	103
6.2 Celkový odhad ceny projektu při zapůjčení zařízení Babyplast	104
6.3 Celkový odhad ceny projektu při zakoupení zařízení Babyplast	104
7. TECHNICKO EKONOMICKÉ HODNOCENÍ	104
Závěr	106
Seznam použitých zdrojů	107
Seznam příloh	110

ÚVOD

V současné době se všechny existující společnosti neustále snaží snižovat výrobní náklady veškerými dostupnými způsoby. Jedním z těchto způsobů je i využití průběžného vývoje technologie a jeho uplatňování ve výrobě. Tato skutečnost je jedním z hlavních důvodů vzniku tohoto projektu a ze strany společnosti, která tuto práci zadala, proběhla snaha o získání přehledu informací k možným technologiím propojování el. součástek v automobilových zámcích.

Jak již bylo zmíněno, tato práce je orientována do oblasti automobilového průmyslu a zabývá se problematikou el. propojování součástek v automobilových zámcích. Mezi posuzované technologické možnosti elektrického propojování, byly vybrány elektrické kabely, plošné spoje, STG vodiče, 3D-MID technologie a elektricky vodivé plasty. Tyto technologie jsou v práci zpracovány a vzájemně porovnány. Důraz je přitom kladen zejména na možnosti nejnovějších technologií el. vodivých plastů a technologie 3D-MID.

Je nutné si uvědomit, že se neustále zvyšuje procento zastoupení plastů na většině automobilových součástí a zámků automobilů netvoří výjimku. Kvůli snižování výrobních nákladů a udržení konkurenceschopnosti firem, jsou pro plasty hledány stále nové aplikace a jsou jimi nahrazovány veškeré dražší materiály, u kterých to konstrukce výrobků dovoluje. Proto je praktická část projektu zaměřena na oblast vstřikování plastů a jejím hlavním úkolem je aplikovat el. vodivé plasty na konkrétní součásti a navrhnout její prototypovou výrobu. K tomuto účelu byla společností poskytnuta malosériová forma původního dílce, na které byly navrženy konstrukční úpravy tak, aby bylo možné prototyp vyrobit.

Posledním cílem tohoto projektu je ekonomické hodnocení navrhované prototypové výroby.

1. AUTOMOBILOVÉ ZÁMKY

Automobily jsou dnes součástí každodenního života většiny obyvatelstva moderních a rozvíjejících se společností. Jejich nedílnou součástí jsou i automobilové zámky a proto bude tato problematika v projektu co nejvíce přiblížena.

Automobilové zámky prošly postupným vývojem a v současné době se nacházejí na velmi vysoké technické úrovni, která jim umožňuje splňovat celou řadu požadovaných funkcí a kritérií. Nejprve se však podívejme na jejich historický vývoj.

1.1 Historie a vývoj automobilových zámků

Přestože se první automobily okolo nás pohybovaly takřka od konce 19. století, automobilové zámky nebyly jejich součástí po dlouhou dobu jejich existence. V roce 1908 byla Henry Fordem uvedena do provozu první sériová linka a automobily pomalu začaly pronikat mezi širší vrstvy obyvatelstva. Zámky se začaly objevovat



Obr. 1 Ford T-1910 [1]

nejprve u zapalování automobilů přibližně od roku 1920, přičemž velice významným bodem pro rozvoj automobilových zámků, bylo představení uzavřené karoserie. Jedním z dalších důvodů vzniku automobilových zámků, byly zvyšující se nároky na bezpečnost posádky. Běžnou výbavou automobilů se zámky staly přibližně od roku 1925. Od té doby se jejich technologie neustále vyvíjí a jejich uplatnění se postupně rozšířilo všude, kde bylo zapotřebí. Většina automobilů je v současné době vybavena mnoha typy zámků včetně zámků zapalování, dveří,



Obr. 2 Ford T-1925,
Tudor sedan [1]

kapot, palubní přihrádky, víčka nádrže, bezpečnostních schránek, dětských pojistek atd. Předmětem této práce jsou však zejména dveřní zámky a zámky kapot. Proto pod dále zmiňovaný pojem automobilových zámků (dále jen zámky) zahrnujeme pouze tyto dvě oblasti. [2]

1.2 Úvod do problematiky automobilových zámků

Prvně je důležité si uvědomit, že automobilové zámky dnes obsahují celou řadu součástek a zámek tvoří konstrukčně složitý celek, přičemž z funkčního hlediska mají tyto zámky zejména dvě základní funkce. Zabránit nežádoucímu vniknutí osob do automobilu, včetně jeho součástí a zajistit spolehlivé a bezpečné držení dveří a kapot. Tyto základní



Obr. 3 Dveřní zámek [2]

požadavky kladou na kvalitu a konstrukci dnešních zámků opravdu velké nároky. Na jedné straně musí být zámky zkonstruovány tak, aby byly co nejvíce odolné vůči mechanickému zásahu zvenčí a na stranu druhou musí zajistit bezpečné držení dveří a dalších součástí karosérie i v extrémních případech, jako jsou například automobilové havárie. Oba tyto předpoklady je navíc nutné zkombinovat s uživatelsky pohodlným ovládáním všech těchto soustav a některými dalšími funkcemi, jako je například nutnost dvou-západkového uzavírání zámků dle požadavků zákona atd.

Nyní se zaměříme na provozní podmínky zámků, které vyplývají například z jejich umístění ve dveřích a dalších pohyblivých částech automobilů (víko přední a zadní kapoty atd.). Tyto pozice jsou z hlediska provozní náročnosti velmi nevýhodné a přítomnost poměrně silných rázů jak od neustálého zavírání a otevírání, tak od samotného provozu automobilu, to jen potvrzuje.

Další faktory umocňující vysoké nároky na zámky, jsou například požadavky na jejich funkčnost v náročných klimatických podmínkách. Jistě si každý z nás dovede představit extrémní horka v rovníkových oblastech, či zimu na Sibiři. Pokud navíc přidáme vzdušnou vlhkost v kombinaci s chemickým posypem,



Obr. 4 Dveřní auto-zámek [3]

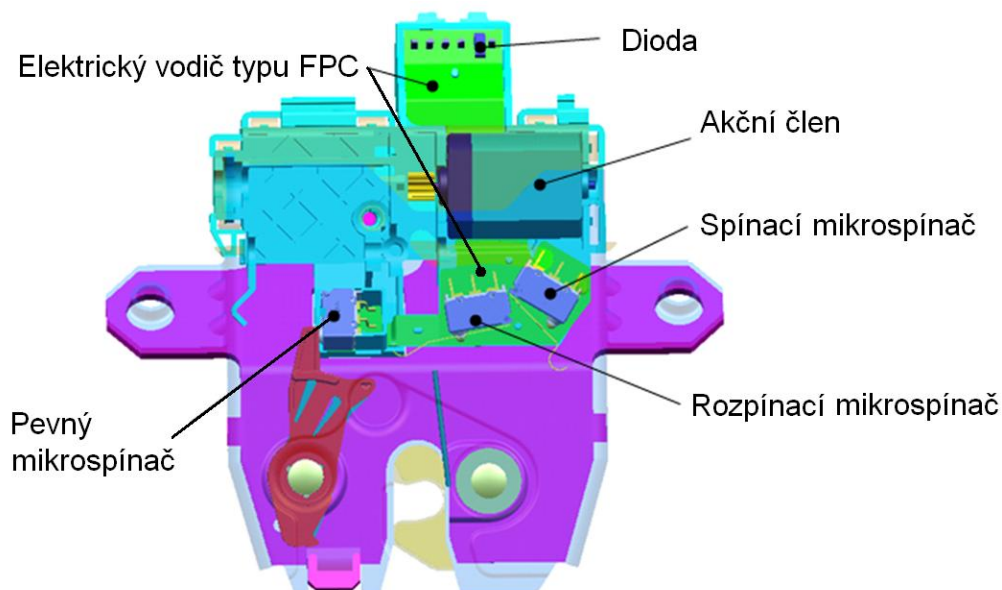
mořskou sůl v přímořských oblastech, či prašnost, je každému jasné, že vyrobit kvalitní výrobek, schopný obstát svou funkcí za všech zmíněných podmínek, zajisté není lehkým úkolem.

Doposud byly zmíněny pouze obecná kritéria a faktory ovlivňující konstrukci a výrobu zámků, přičemž další budou popsány v průběhu práce. Problematika automobilových zámků a obecně výroby většiny automobilových součástí je velice komplikovaná a dosahuje velmi vysoké náročnosti v mnoha směrech. Současné automobily však dokazují, že díky moderním technologiím a dlouholetým zkušenostem výrobců, je možné tyto nároky splnit.

2. POŽADAVKY, KRITÉRIA A ZKOUŠKY ELEKTRICKÝCH SOUSTAV AUTOMOBILOVÝCH ZÁMKŮ

V dnešní době jsou hlavní funkce zámků většinou plně automatické a u moderních automobilů ani není potřeba klasického klíče k jejich každodennímu ovládání. Z tohoto důvodu tvoří tyto zamky relativně složité celky a obsahují celou řadu součástí a elektrického vybavení. Drobnou výjimku zde vytvářejí pouze zamky předních kapot automobilů, u kterých je z hlediska funkce výhodnější používat klasické mechanické ovládání, zejména kvůli nutnosti přístupu do motorového prostoru i bez funkční elektrické soustavy. I tyto zamky jsou však konstrukčně relativně složité a nevyhnou se ani nutnosti obsahovat některé elektrické prvky, jako jsou například senzory a mikrospínače.

Z hlediska principu pohonu mechanických částí, mohou být automatické zamky rozdělit do dvou základních skupin, na pneumatické a elektrické. Pneumatické zamky jsou využívány zejména u automobilů vyšších tříd, kde se osvědčily zejména kvůli své nízké hlučnosti a tato práce se jimi dále nezabývá. Mnohem rozšířenější jsou zamky elektrické, které se nacházejí v drtivé většině vyráběných automobilů. Tyto zamky obsahují elektrické součástky, jako jsou například elektromotory, mikrospínače, senzory, přepínače atd. Tyto součástky jsou pro přehlednost zobrazeny a popsány v běžném elektrickém zámku na obrázku 5.



Obr. 5 Popis automobilového zámku a jeho součástí

Nyní se projekt dostává k jednomu z jeho hlavních témat. Jak již bylo zmíněno, na obrázku 5 je znázorněn stručně popsáný zámek ze kterého je zřejmé, že toto zařízení obsahuje několik elektrických součástí zajišťujících jeho automatické funkce. Tyto součástky musí být v zámku elektricky propojeny a celá elektrická soustava musí splňovat řadu podmínek a kritérií.

Tato oblast je rozdělena na dvě úrovně, přičemž první z nich se zabývá celky elektrických soustav a druhá popisuje konkrétní nároky na samotné elektrické vodiče v zámcích.

2.1 Požadavky na soustavy elektrického vybavení zámků

Do této oblasti spadají již zmíněné nároky vzniklé ze samotného provozu automobilu a odolnosti vůči prostředí, ve kterém se automobily pohybují. Jedná se zejména o mechanickou odolnost, odolnost vůči klimatickým podmínkám, chemikáliím a spadají sem i požadavky na jejich životnost, spolehlivost a elektrickou bezpečnost. Požadavky na celkovou odolnost elektrických soustav v zámcích budou nyní postupně popsány.

Konstrukční požadavky – Z konstrukčního hlediska je u elektrických soustav nutné počítat se silnými rázy a vibracemi jak od neustálého zavírání a otevírání, tak od samotného provozu automobilu. Dále musí být pečlivě zváženo

samotný způsob konstrukce zámku, který musí být navržen tak, aby bylo možné požadované podmínky splnit. Je nutné dbát i na vhodnou volbu materiálu těl zámků a typu vodivých drah. Zámek navíc musí být co nejsnáze vyrobitelný, což samozřejmě úzce souvisí s cílem dosáhnout co nejnižších výrobních nákladů. Konstrukční požadavky a míra jejich náročnosti se navíc u jednotlivých zámků odlišují a proto je prakticky ke každému výrobku přistupováno individuálně a veškeré tyto požadavky se musí zkombinovat s funkčností a nákladově nízkou vyrobitelností. V poslední době jsou také stále vyšší nároky na celkové snižování hmotnosti automobilů a samozřejmě se tato snaha projevuje i u jejich zámků.

Klimatické podmínky – U požadavků na odolnost vůči klimatickým podmínkám se jedná zejména o rozsahy teplot, za kterých musí být soustava plně funkční a spadají sem i různé požadavky na těsnost zámků vůči vodě, prachu a vlhkosti, která bude vyčleněna v dalším odstavci. Jako pracovní teplotní podmínky jsou většinou požadovány rozsahy teplot přibližně od $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$ do $+85\text{ }^{\circ}\text{C}$ a tato odolnost je u zámků testována vždy dle vyžadované normy.

Těsnost systému – Zde se jedná o uzavřenost systému a snahy zabránit styku elektrického vybavení se vzdušnou vlhkostí, prachem a vodou. Stále více je u dnešních výrobců automobilů požadován stupeň krytí IP6K7, tedy prachotěsnost a vodotěsnost. Stále však existují některé výrobky, kde není tento stupeň krytí vyžadován.

Chemická odolnost – Požadavky na chemickou odolnost se u jednotlivých výrobců mohou lišit. Obecně lze však říci, že u většiny zámků je zapotřebí chemická odolnost zejména vůči solným roztokům, olejům a saponátům.

Životnost zámků a provozní bezpečnost – Tyto požadavky jsou zaměřeny zejména na životnost a spolehlivost celých soustav zámků a jsou pečlivě testovány takzvanou „zrychlenou životností“ v laboratorních podmínkách. Z hlediska provozní bezpečnosti jsou hlavní požadavky kladeny zejména na teplotní stabilitu výkonových elektrických součástí (elektromotory, servomotory a jejich elektrické spoje) při zatížení provozním proudem.

2.2 Požadavky na vodiče elektrických soustav a jejich spoje

Samostatné elektrické vodiče rozdělujeme zejména podle požadované hodnoty proudového zatížení. První skupinou elektrických vodičů jsou vodiče pro výkonové zatížení a slouží hlavně k propojování elektromotorů a jiných výkonových součástí. Druhou skupinou jsou vodiče sloužící pouze pro signálový přenos, zejména u mikrospínačů, čidel senzorů atd. Nyní se dostáváme k obecným požadavkům pro obě tyto skupiny.

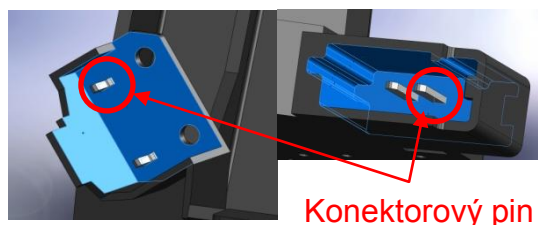
Vodivostní charakteristiky a teplotní stabilita – U vodičů je nejprve nutné zohlednit jejich vodivostní charakteristiky a vodiče navrhnout tak, že v případě zkratu v soustavě dojde k vyhoření předřazené pojistky o hodnotě 10A, nikoli k poškození vedení. Dále je nutné, aby tyto vodiče nedosahovaly teploty vyšší než 180°C (kvůli styku s plastovými těly zámků a riziku natavování). Tyto požadavky jsou zkoušeny typovými zkouškami v laboratorních podmínkách. Za maximální provozní proud je obecně považována hodnota 10A.

Konstrukční požadavky na el. vodiče – Zde bych zmínil zejména tvarovou náročnost některých sestav zámků, která vede k nutnosti využívat technologie el. vodivých drah, umožňující vytvářet tvarově složité dráhy s 3D-ohyby. Samozřejmě se na el. vodiče vztahují i požadavky na celkové el. sestavy auto-zámků, které již byly popsány. Konstrukčně se musí řešit i požadavek úplného krytí vodivých drah IP6K7, s čím souvisí mnoho komplikací a možných problémů.

Vzdálenosti neizolovaných vodivých drah – U tohoto požadavku je hlavním cílem zamezit nežádoucímu zkratu vlivem vzdušné vlhkosti u odkrytých vodičů, které se nacházejí blízko u sebe. Na základě zkušeností výrobců se předpokládá, že tvorba kapek ze vzdušné vlhkosti a následný vznik el. zkratu mezi dvěma el. drahami, je možná do vzdálenosti 2.8mm. Při větších vzdálenostech se začínají kapky trhat. Je zde tedy předpoklad, že při oddálení 2 vodičů, nebo živých konektorů na vzdálenost 3mm je toto riziko eliminováno. Problematika minimální vzdálenosti neizolovaných drah a konektorů je samozřejmě také závislá na dané technologii a proudovém zatížení vodičů.

Možnost vytvářet spojení konektorového typu – Vytváření konektorových spojení vzhledem ke zvolené technologii elektrických vodičů, je velmi důležitým požadavkem, které je nutné brát na vědomí. Většina dnes vyráběných zámků obsahuje nejrůznější typy konektorových spojů, zejména z důvodu připojení sestav zámků do elektrických systémů automobilů. Jednotliví výrobci však používají nejrůznější modifikace těchto konektorů a proto je velmi důležité mít možnost tyto konektory vytvářet.

U pinů obsažených v konektorech navíc platí pravidlo propojování materiálů se stejnými povrchovými úpravami. Co se týká konektorů, je nutné zohlednit i některé specifické typy konektorů, které dovolují provozní teplotu až 80 °C a přizpůsobit tomu konstrukci zámků i typ zvolených elektrických drah, včetně způsobu jejich napojení. U některých odběratelů se vyskytují i požadavky pružnosti elektrických spojů, ve formě pružných konektorových pinů.



Obr. 6 Konektorová spojení zámků

Napojování el. součástek na vodivé dráhy – V této oblasti je nutné zhodnotit možnosti napojování elektrického vybavení zámků zejména v ohledu na sériovost výroby, finanční nákladnost, možnosti plnění elektrických požadavků a celkovou procesní náročnost dané technologie. Existuje zde mnoho různých možností a s tím spojené automatizace těchto procesů. Tyto jednotlivé možnosti budou popsány v dalším průběhu práce, u jednotlivých technologií el. vodičů.

2.3 Zkoušky elektrických obvodů

Díly s elektrickými obvody jsou testovány dle norem vytvořených na základě individuálních požadavků zákazníků. Obecně se jedná o principově stejné zkoušky, přičemž jednotlivé zákaznické normy se většinou odlišují pouze číselnými hodnotami zkoušených veličin a testovaných vlastností.

Pokud se zaměříme na elektrické vybavení zámků a jejich elektrické obvody, tak zde mezi základní zkoušky můžeme zařadit elektrické zkoušky, zkoušky vodotěsnosti a zkoušky stárnutí dílů.

2.3.1 Elektrické zkoušky

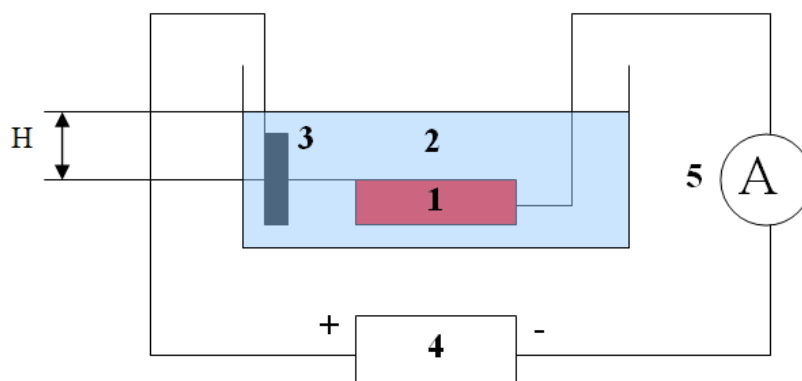
U elektrických zkoušek se testuje zejména izolační odpor a dielektrický odpor elektrických soustav. Izolační odpor se měří připojením testovacího napětí mezi všemi kontakty spojenými dohromady a kovovou folií přiléhající k domku zámku. Tento odpor je měřen i mezi všemi sousedními kontakty. Účelem této zkoušky je zjistit hodnotu takto měřeného izolačního odporu při zadaném testovacím napětí. Zkouška dielektrického odporu je principově stejná jako zkouška odporu izolačního, avšak tato zkouška je zaměřena čistě na vznik nežádoucího dielektrického průrazu, či vznik elektrického oblouku.

2.3.2 Zkouška vodotěsnosti

Tato zkouška se provádí u všech automobilových zámků a jejich dílů, kde je vyžadován stupeň takzvaného úplného krytí, uváděný jako IP6K7. Tento stupeň krytí vyžaduje prachotěsnost a vodotěsnost elektrických výrobků, což u automobilových zámků vyžaduje 100% zakrytí el. drah a celé el. soustavy zámků. Zkouška vodotěsnosti se provádí dvěma následujícími způsoby.

Princip první varianty zkoušky je založen na normě DIN 40050 - díl 9 a spočívá v ponoření zámku do normované kapaliny za daných podmínek. Zámek je ponořen do hloubky jednoho metru po dobu 30-ti minut (tyto parametry se mohou měnit) a po tomto testu musí být zkoušený díl plně funkční a speciální pasta umístěná uvnitř soustavy nesmí zaznamenat vlhkost pronikající dovnitř dílu.

Další možností zkoušky vodotěsnosti je test pomocí svodového proudu. U této zkoušky je testovaný vzorek ponořen do dané kapaliny po stanovenou dobu a zároveň je měřen proud protékající zapojeným obvodem (svodový proud). Zapojení obvodu u této zkoušky je popsáno na obr.:7. Svodový proud je u této zkoušky měřen mezi všemi kontakty spojenými dohromady a elektrodou v kapalině.



Obr. 7 Shéma zapojení u zkoušky vodotěsnosti

Popis obrázku 7 :

1 – testovaný vzorek

2 – kapalina: deionizovaná voda s 5% NaCl a 0,1g/litr smáčedla (+23°C)

3 – elektroda (nerezová ocel 100x100x1 mm)

4 – napájecí zdroj

5 – Ampérmetr

2.3.3 Zkoušky stárnutí dílů

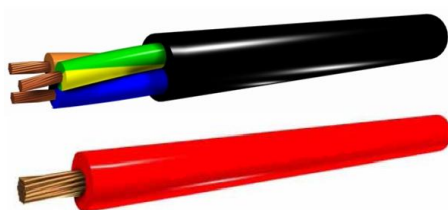
Veškeré výše uvedené el. vlastnosti se testují stejným způsobem i po laboratorním zestárnutí dílu. Díl je tedy nejprve umístěn do termo-komory, která za zvýšené teploty a působení času způsobí urychlené zestárnutí dílu a posléze jsou jednotlivé zkoušky prováděny znovu. Tato zkouška se u jednotlivých auto-zámek/zákazníků opět liší zejména parametry na zestárnutí dílů.

3. MOŽNOSTI ELEKTRICKÉHO PROPOJENÍ SOUČÁSTEK V AUTOMOBILOVÝCH ZÁMCÍCH

K propojení elektrických součástí se dnes využívá několik možností, přičemž nejběžnější z nich jsou kabelové svazky, STG-vodiče (Stanzgitter/Lead Frame) a plošné spoje (PCB, FPC). Existují však i nové technologie, které zatím v praxi běžně používány nejsou. Jedná se především o možnost využití technologie 3D-MID a vstřikovaných elektricky vodivých plastů. Všechny výše uvedené možnosti budou v této kapitole podrobně popsány.

3.1 Elektrické kabely

Elektrické kabely jsou v současnosti asi nejběžnějším a nejrozšířenějším způsobem propojování elektrických komponentů a dlouhou dobu tomu tak bylo i u automobilových zámků. V současné době jsou však kabely u automobilových zámků používány čím dál méně, zejména kvůli horším možnostem automatizace u velkých výrobních sérií. Přesto se v menší míře u automobilových zámků stále používají a jejich aplikaci se nevyhneme ani u některých moderních zámků.



Obr. 8 Elektrické kabely [4]



Obr. 9 Použití el. kabelů na automobilovém zámku [5]

3.1.1 Historie a vývoj elektrických kabelů

Nejprve si zmíníme něco o historii a vývoji elektrických kabelů. Původní myšlenka a princip současné formy elektrických kabelů pochází již z počátku 19. století, kdy se začínaly využívat svazky přírodních vláken (konopí, bavlna atd.) ke zdvihání a tažení nejrůznějších břemen. Celkový rozvoj společnosti a zejména budování stále větších lodí a přístavů v 19. století zvýšil náročnost na tažná lana a s postupným vývojem metalurgie se přírodní materiály začaly nahrazovat ocelovými pletenými svazky. Přibližně v polovině 19. byl tento princip pletených ocelových lan využit na výrobu silných podmořských telefonních kabelů. S dalším rozvojem a využíváním elektrické energie se postupně tyto kabely začínaly používat u jednoduchých elektrických zařízení a ke konci 19. století byly kabely již běžně izolovány pomocí textilních látek, papíru, nebo kaučuku. Další vývoj následoval u povrchových úprav elektrických vodičů, který probíhal zejména po první světové válce s postupným rozvojem výroby a využívání plastů. [6]



Obr. 10 Telefonní kabel Berlín-Řím v pryži (2.sv. válka)

Dnes se běžně jako elektrický kabel označuje elektrický vodič, sloužící k přenosu elektrického proudu v elektrické soustavě. K přenosu elektrického proudu využívají tyto kabely nejrozličnějších kovových materiálů. V našem případě se bavíme nejčastěji o měděném elektrickém vodiči, který může být i pocínovaný. Tyto měděné dráhy/vodiče jsou pokryty izolační vrstvou, kterou můžeme rozdělit do tří základních kategorií, přičemž všechny tři materiály patří do skupiny polymerů, ke kterým se dostaneme v části práce. [4]

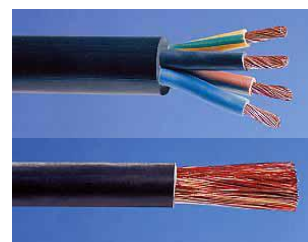
3.1.2 Rozdělení elektrických kabelů podle typu izolační vrstvy

Elektrické kabely si nyní rozdělíme podle izolační vrstvy, jejíž vlastnosti jsou klíčové pro konkrétní použití kabelů. Tato vrstva ovlivňuje zejména chemické a fyzikální vlastnosti kabelového vodiče jako celku. Mezi základní skupiny izolačních materiálů el. kabelů tedy patří [4]:

- **Vulkanizované elastomerické izolační vrstvy, neboli kaučuky**
- **Termoplastické izolační vrstvy**
- **Zesítněné izolační materiály**

3.1.2.1 Vulkanizované elastomerické izolační vrstvy (kaučuky)

Vulkanizované elastomerické izolační vrstvy jsou v praxi běžně označovány jako „pryže“. Tyto materiály jsou vyráběny zejména lisováním a u všech těchto materiálů se jejich fyzikální a izolační vlastnosti projevují až po ukončení procesu vulkanizace. Tento proces lze konkrétně u kabelů označit jako takzvané „vaření“ materiálu v nasycené páře za vysokých teplot a tlaku (5-6atm.). Obecně je vulkanizace proces, při kterém dochází k chemickým reakcím za pomoci tepla a tlaku, nebo katalyzátorů a slouží k výrobě pryže zejména z přírodních kaučuků. [4]



Obr. 11 Elastomerické izolační vrstvy [4]

Pryže jsou obecně velmi dobře ohebné materiály a jsou také odolné vůči otěru. Jejich hlavní nevýhodou je malá odolnost vůči olejům a oxidačním chemickým činidlům (například ozón, atd.). Tuto jejich nevýhodu však



Obr. 12 Chemikálie [7]

vynahrazují vlastnosti např. polychloroprenu (neopren), který má chemickou odolnost velmi dobrou a také patří do této skupiny polymerů. Mezi výhody lze zařadit i teplotní rozsah možného pracovního prostředí, které se pohybuje od $-50\text{ }^{\circ}\text{C}$ do $+90\text{ }^{\circ}\text{C}$, což je pro automobilový průmysl zcela dostačující. [4]

Do této skupiny izolantů patří také silikonové kaučuky, známé obecně jako SILIKONY. Tyto materiály jsou velmi dobře ohebné a odolné vůči vysokým teplotám až do $250\text{ }^{\circ}\text{C}$. Jejich nevýhodou je menší pevnost a odolnost vůči přetržení. Tuto vlastnost lze však v současnost různě upravovat přidáváním přísad a je možné dosáhnout velmi dobrých mech. vlastností a odolnosti vůči přetržení a nežádoucímu vzniku trhlin, při mechanickém namáhání. Silikonové izolanty jsou oproti pryžím také více odolné vůči oxidačním činidlům a olejům. Silikony jsou také měkčí a ohebnější než většina pryžových izolací. [4]

3.1.2.2 Termoplastické izolační vrstvy

Termoplastické materiály jsou ve srovnání s vulkanizovanými elastomery mnohem tužší a jsou typické svou charakteristickou teplotou tavení. I přesto jsou jejich provozní teploty podobné pryžím a tyto materiály mohou být používány v závislosti na konkrétním typu izolantu v teplotních rozmezích od $-50\text{ }^{\circ}\text{C}$ až po $+120\text{ }^{\circ}\text{C}$. [4]

Jak již bylo zmíněno, všechny termoplastické polymery mají charakteristickou teplotu tavení, při které ztrácí své mechanické vlastnosti a začínají se tavit. Tato vlastnost jim však oproti pryžím umožňuje možnost recyklace (Obr.13) a zpracování vstřikováním, vytlačováním i lisováním. Do této skupiny izolantů patří následující materiály. [4]



Obr. 13 Recyklace [8]

KABELY IZOLOVANÉ V PVC

Kabely s izolací PVC byly až do nedávna nejčastěji používanou izolací, díky nízké ceně surovin a všestrannosti materiálů. Tato situace se však změnila po přezkoumání dopadu PVC na životní prostředí s ohledem na přítomnost změkčovadel na bázi ftalátů, a přítomnosti chlóru v molekule PVC (při hoření

uvolňuje dioxiny). Vše dovršil zákon a omezování používání olova, jako stabilizátoru PVC. Odstranění používání tohoto prvku jako stabilizátoru způsobilo zejména snížení životnosti izolační vrstvy při vyšších provozních teplotách. [4]



Obr. 14 Vícežilový kabel v PVC izolantu [4]

KABELY IZOLOVANÉ V NEZESÍTĚNÉM PE

Kabely čistě s izolací PE, nejsou běžně vyráběny, kvůli svým relativně nízkým teplotám tavení. Zmínil bych zde ale upravené výrobky na bázi polyetylénu s vyššími provozními teplotami a s ohnivzdornými vlastnostmi. Tyto materiály mají dokonce snížené emise kouřů a mají široké použití v oblastech s náročnými podmínkami. Tyto kabely se obvykle vyrábějí v kombinaci s cennějšími surovinami, zejména silikonu. [4]



Obr. 15 Ohnivzdorný kabel [4]



Obr. 16 Ohnivzdorný kabel [4]

KABELY IZOLOVANÉ V HOMOPOLYMERNÍM PP

Kabely s touto izolací mají vysokou tuhost a velmi dobrou odolnost vůči mechanickému poškození. Tyto kabely vykazují vyšší teplotní odolnost a lze je používat až do provozních teplot 125 °C. Tento materiál také vykazuje dostatečnou odolnost vůči olejům a oxidačním činidlům, zejména pro použití v automobilovém průmyslu, kde se využívají zejména u kabelového vedení v motorovém prostoru. [4]

KABELY IZOLOVANÉ V TERMOPLASTICKÝCH ELASTOMERECH

Termoplastické elastomery obsahují skupiny výrobků, které vykazují mechanické vlastnosti podobné pryžím, přestože nebyly vulkanizovány. Tyto materiály jsou však oproti pryžím omezovány svou teplotou tavení. [4]

Přesto může tento typ izolace dosahovat provozních teplot 110-115 °C (při zkratových teplotách 160 °C) a má i vysokou chemickou odolnost vůči olejům a uhlovodíkům. Tento typ kabelů má ve srovnání s ostatními skupinami izolantů velmi dobrou ohebnost. [4]

POLYURETANOVÉ TERMOPLASTICKÉ ELASTOMERY

Tato skupina izolantů zahrnuje široký počet materiálů, které se mezi sebou svými vlastnostmi velmi liší. Tyto materiály jsou obvykle používány pro pláště složených kabelů a kabelům propůjčují vysokou odolnost vůči otěru, řezu a rozdrčení. [4]

KABELY IZOLOVANÉ V PTFE

PTFE je izolant na bázi fluoropolymeru. Jeho molekulární struktura nasycená atomy fluoru způsobuje výjimečnou chemickou stálost a teplotní odolnost. Izolace z PTFE je spékána ve speciálních troubách a umožňuje kabelům provoz v rozsahu teplot od -100°C do +260°C. [4]

Kabely patřící do této skupiny mohou dosahovat opravdu širokých spekter provozních teplotních podmínek [4]:

- ETFE (etylén-tetra-fluoro-etylén) - 60 + 155 °C
- FEP (fluoro-etylén-propylén) - 100 + 205 °C
- MFA (metoxy-fluoro-alcoxy) - 100 + 240 °C
- PFA (perfluor-alcoxy) - 100 + 250 °C
- PTFE (poly-tetra-fluoro-etylén) - 100 + 260 °C

Kabely s tímto typem izolací se uplatňují zejména v oblastech, při kterých je kladen důraz na dobrou izolaci s malou tloušťkou, vysoké provozní teploty a dobrá chemická odolnost. [4]

3.1.2.3 Zesítněné izolační materiály

Kabely se zesítněnou izolační vrstvou dosahují obecně lepších mechanických vlastností než termoplasty a pryže. U těchto materiálů dochází po technologickém zpracování k chemickým reakcím a změnám ve vnitřní struktuře materiálu

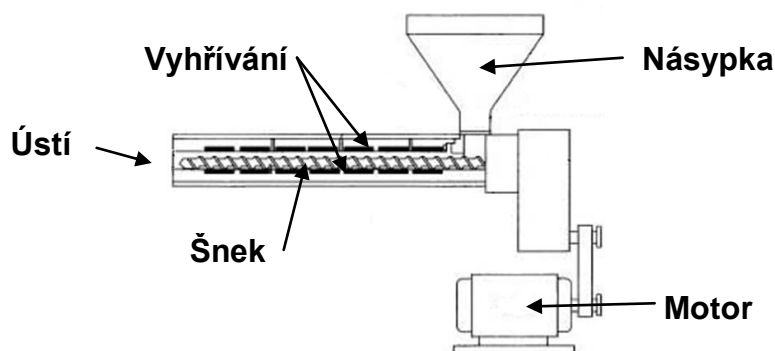
(zesítní). Při tomto procesu se v materiálu vytváří vazby mezi polymerickými řetězci, což má za následek ztrátu možnosti opětovného tavení. Tyto materiály mohou být vystavovány obecně vyšším teplotám než předešlé dvě skupiny, i zde však dochází po určité době k degradaci materiálů. Tyto materiály udržují své mechanické vlastnosti většinou v rozmezí -40 až $+145^{\circ}\text{C}$. [4]



Obr. 17 Žárovzdorné kabely typu XLPE [4]

3.1.3 Princip technologie k oplášt'ování elektrických kabelů

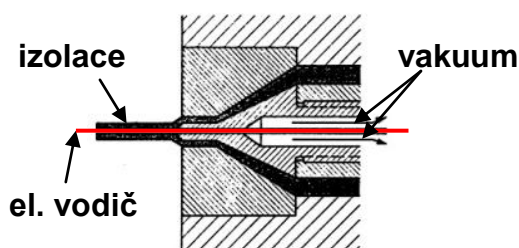
Oplášt'ování k elektrickým kabelům se vyrábí většinou technologií vytlačováním. Jedná se o zcela kontinuální proces, při kterém je roztavený termoplast tvářen přes profilovací otvor hubice vytlačovací hlavy, většinou do volného prostoru. U této technologie jsou využívány zejména šnekové vytlačovací stroje (extrudery), u kterých se potřebný tvářecí tlak získává otáčením šneku (obrázek 18). [9]



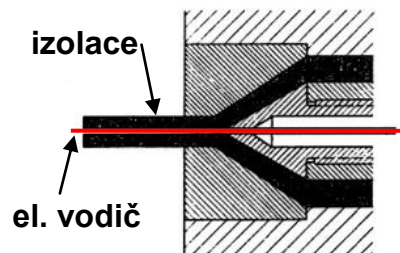
Obr. 18 Popis šnekového extruderu [10]

Vytlačovací hlava k oplášt'ování kabelů, která je nástrojem extruderu je znázorněna a popsána na obr.19 a 20. [9]

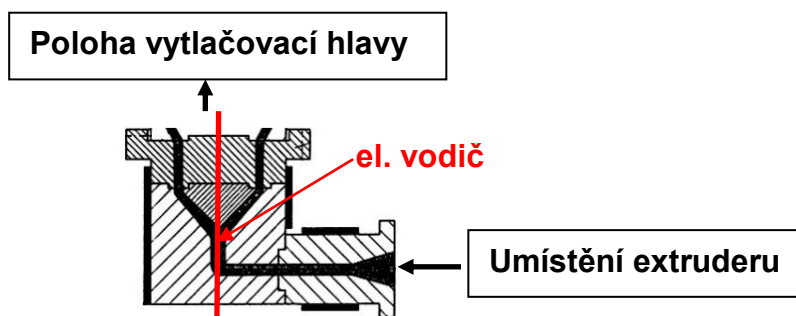
Jelikož je drát u tohoto procesu veden středem vytlačovací hlavy, nelze tuto vytlačovací hlavu umístit do osy šneku vytlačovacího stroje. Pro technické řešení tohoto problému, existují nejrůznější podoby redukcí, přičemž jedna z možných podob této redukce je zobrazena na obr. 21. [9]



Obr. 19 Vytlačovací hlava s vytvářením izolace mimo nástroj [9]



Obr. 20 Vytlačovací hlava s vytvářením izolace v nástroji [9]



Obr. 21 Redukční vložka pro protlačování kabelů [9]

3.1.4 Shrnutí dosažitelných vlastností elektrických kabelů a jejich vhodnost pro využití v automobilových zámcích

Využití elektrických kabelů v automobilovém průmyslu je velmi rozšířené a pro mnohé aplikace jsou kabely v tomto odvětví jen těžko nahraditelné. Jak již bylo ale zmíněno, konkrétně u menších funkčních sestav a elektrických rozvodů na relativně krátké vzdálenosti se stává jejich využívání neefektivní a kabelové rozvody jsou v těchto případech často nahrazovány jinými technologiemi. Přesto elektrické kabely mohou i u automobilových zámků mnohé tyto technologie překonat, zejména díky své univerzálnosti, jednoduchosti a širokého spektra nabízených modifikací.

Ohledně náročnosti klimatických podmínek a požadovaných teplotních rozsahů u automobilových zámků, nemají elektrické kabely s požadavky žádný problém. Teplotní rozmezí pracovního prostředí od $-45\text{ }^{\circ}\text{C}$ do $+85\text{ }^{\circ}\text{C}$, naplňují všechny tři popisované typy izolantů. Ohledně těsnosti systému a izolace el. drah nemá tato technologie již ze svého principu také žádný zásadní nedostatek. V místech napojení na el. vybavení zámků je možné využívat redukčních celotěsněných konektorů, vyhovujících požadavku IP6K7, nebo tyto místa utěšňovat dodatečnou izolací, ve formě přídavného materiálu.

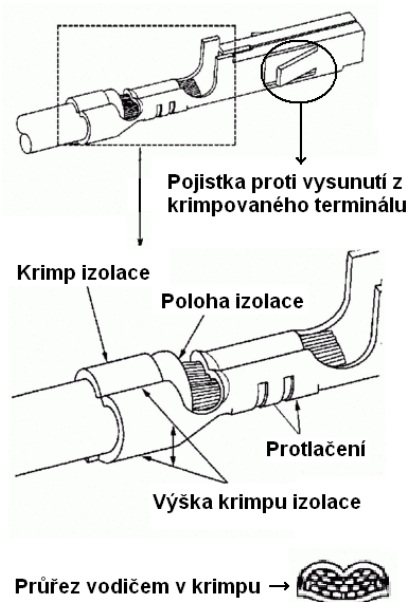
U chemické odolnosti nemají elektrické kabely také žádný významný nedostatek a vždy lze z nabízeného spektra vybrat vhodný materiál s dostatečnou chemickou odolností a s požadovanými parametry pro danou aplikaci.

V konstrukčních možnostech elektrických kabelů a jejich aplikaci v automobilových zámcích lze také naplnit prakticky veškeré požadavky pro tuto oblast. Nízké hmotnosti lze dosáhnout například využitím moderních kabelů s izolací PTFE, jejíž vrstva je velmi malá a má velmi dobré izolační vlastnosti. Je zde také možnost vytvářet konektorové spoje, pomocí krimpovaných terminálů (obr.22).

Požadovaným mechanickým vlastnostem, životnosti dílů a požadavkům na materiál el. vodivého jádra kabelu lze při použití el. kabelů také lehce vyhovět.

Ohledně plnění elektrických požadavků mají elektrické kabely opět velkou výhodu, zejména díky možnostem vybrat konkrétní kabel pro dané podmínky. U kabelů máme možnost volby průřezu vodiče, materiálu vodiče a izolantu, typu napojení el. součástek atd. Není tedy problém splnit takřka jakékoliv el. podmínky, jak v oblasti signálových, tak i v oblasti výkonových přenosů. Mezi další velkou výhodu bych zařadil i neomezenost kabelových vodičů vzhledem k tvarové složitosti výrobku a schopnost 3D-montáže.

Mezi největší nevýhody bych zařadil zejména nízkou možnost automatizace zakládání těchto kabelů do zámků u velkých sérií a komplikace s nutným pájením el. spojů a napojováním el. součástek například v podobě konektorů, krimpovaných spojů atd. Další nevýhodou je i omezená možnost minimalizace, například ve srovnání s technologiemi plošných spojů a technologií 3D-mid. Jako poslední nevýhodu této technologie bych zmínil neklesající výrobní náklady s růstem počtu vyrobených kusů.



Obr. 22 Popis krimpovaného spoje [11]

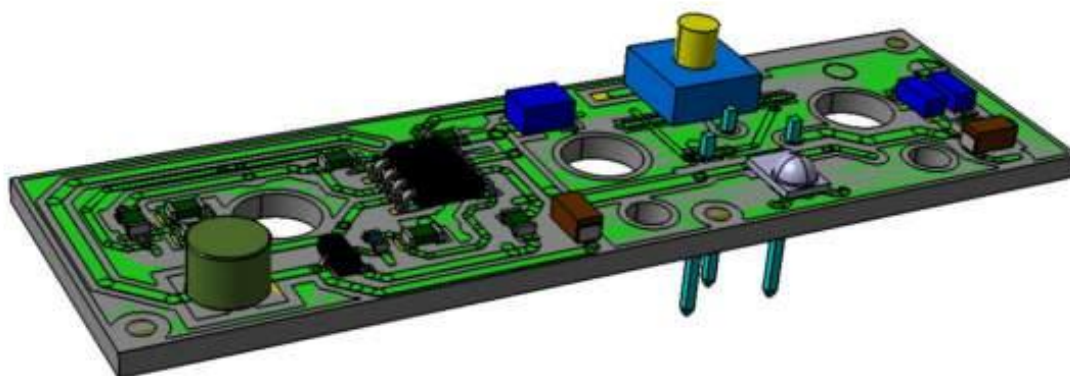
3.2 Plošné spoje

Plošné spoje, které se využívají v automobilových zámcích, lze rozdělit na dvě základní varianty. První variantou jsou desky plošných spojů PCB (Printed Circuit Board). Tento typ spojů se v elektronice používá již celá desetiletí a je všeobecně znám. Druhou variantou je vývojově novější technologie ohebných plošných spojů, neboli FPC (Flexible Printed Circuit). Každá tato varianta má své výhody i nevýhody. V současné době jsou však kladeny velké nároky na ekologičtější výrobní procesy, což je u obou technologií značným problémem, zejména z nutnosti procesu leptání. Přestože se tyto technologie u zámků stále využívají, vznikají snahy tyto technologie nahrazovat jinými.

3.2.1 Tištěné plošné spoje PCB (Printed Circuit Board)

Princip nanášení stop budoucích vodivých drah tiskem je znám již z roku 1925, kdy si tuto metodu patentoval Charles Ducas. Tato technologie se postupně vyvíjela a v současné době jsou propojovací dráhy vytvářeny odleptáním nepotřebných částí povrchu desek tištěných spojů. [12]

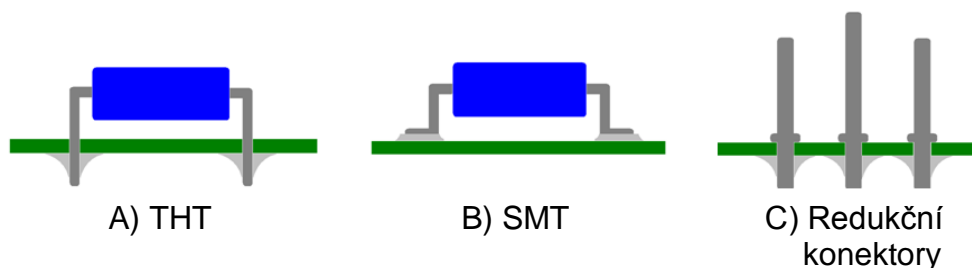
Desky plošných spojů (obr.23) se skládají z izolačního laminátového jádra a jsou plátovány měděnou fólií. Na tuto fólii se poté různými metodami nanáší stopy budoucích vodivých drah, které jsou odolné vůči následnému leptání. Při leptání dochází k odstranění nepotřebných částí měděné folie a na laminátovém jádře zůstávají pouze el. dráhy.



Obr. 23 Plošný spoj v automobilovém zámku

Jednotlivé součástky mohou být vkládány do připravených otvorů a následně pájeny. Tento způsob montáže se označuje jako THT (true hole

technology) a je znázorněn na obr. 24a. Druhá možnost montáže je pájení pouze k povrchu desky na připravené kontaktní plošky (obr.24b). Tato technologie je známá pod běžně používaným pojmem SMT (surface mounted technology). V případě zámků je také možnost využití vsazených konektorů, sloužících jako redukce pro připojení potřebných elektrických zařízení. Tato možnost připojení el. součástí do plošných obvodů je zobrazena na obr.24c.



Obr. 24 Možnosti připojení el. součástí do plošných obvodů

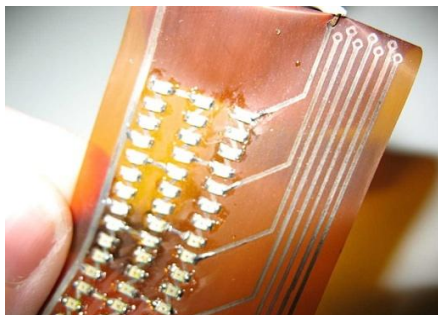
Jednou z hlavních výhod této technologie je možnost dosažení vysoké hustoty el. součástek, neboli minimalizace elektrických obvodů. U obvodů PCB je navíc možnost montáže z obou stran její desky. Další výhodou je kombinace mechanického připevnění se současným el. propojením součástí přímo na desce.

Podstatnou nevýhodou je však nutnost úplného krytí celé el. soustavy kvůli vodě a vlhkosti (požadavek IP6K7), což je konkrétně u zámků opravdu velkým problémem. V případě použití této technologie, vyžaduje splnění tohoto požadavku většinou pečlivé utěsnění těla zámku jako celku, což je konstrukčně náročné. Existuje zde i možnost lakování plošných spojů a tím je možné dosáhnout jisté míry utěsnění těchto elektrických spojů. Pro požadavky úplného krytí v automobilovém průmyslu, je však metoda lakování většinou nedostačující.

Další z nevýhod je také plošný tvar desky, což má za následek omezení tvaru vyráběné součásti.

Z ekonomického hlediska je tato technologie výhodná vzhledem k relativně nízkým vstupním nákladům pro výrobu a nízké ceně výrobků. Je však nutné podotknout značnou nevýhodnost této technologie z ekologického hlediska zejména u procesu leptání vodivých drah a práce s potřebnými chemikáliemi. Dalším ekonomickým faktorem je nutnost pájení el. součástek, přičemž se v dnešní době stává nezbytností využívat bez-olovnatých pájek, což je technologicky i ekonomicky relativně náročné.

3.2.2 Ohebné plošné spoje FPC (Flexible Printed Circuit)

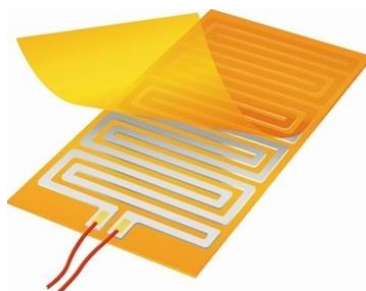


Obr. 25 FPC obvod [13]

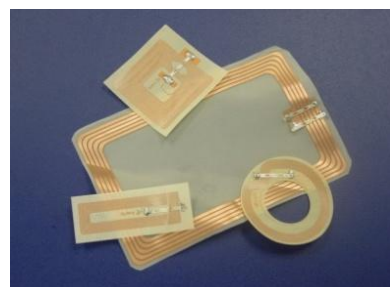
Ohebné plošné spoje (FPC) využívají stejného principu vedení el. proudu, jako běžné tištěné spoje (PCB) a opět slouží pro mechanické připevnění a propojení elektrických součástek. Tato technologie se však od PCB odlišuje zejména použitým materiálem pro nosič vodivých drah. U ohebných plošných spojů je tímto nosičem tenká izolační folie, nejčastěji z PI a PET (Polyimid a PolyEster). Na tuto základní fólii je posléze přichycena měděná folie s elektrickými drahami a poté jsou laminovány druhou vrstvou ochranné fólie. Plošné spoje tedy obsahují tři vrstvy, přičemž jádro zde tvoří samotné el. dráhy, vytvářené většinou leptáním. V oblasti plošných spojů existují i další varianty, které využívají stejného principu, přičemž se dále odlišují pouze technologií tvorby elektrických drah, uvnitř izolačních fólií. Pro ukázkou jsou některé tyto varianty znázorněny na obr. 26-28.



Obr. 26 FPC [14]



Obr. 27 FPC [15]



Obr. 28 FPC [16]

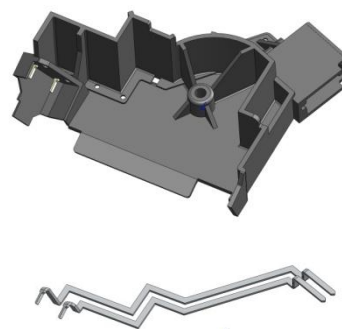
Takto vytvořený plošný obvod je velmi dobře ohybatelný a oproti technologii PCB není omezen pouze na plošné tvary, což je s minimalizací jednou z jeho hlavních výhod. Další výhodou oproti PCB spojům je lepší krytí elektrického obvodu (mimo kontaktních plošek) a opět relativně nízké vstupní náklady pro výrobu.

Co se týká nevýhod ohebných plošných spojů, mezi hlavní z nich patří omezenost na jednovrstvé obvody (popřípadě nutnost skládání dalších vrstev FPC), vyšší cena výrobků oproti PCB a problém s tvorbou konektorových spojů. Jako další nevýhodu bych zde opět zmínil stále nedokonalé krytí vzhledem k požadavku IP6K7 a odkrytým pájecím plochám.

3.3 STG vodiče - Stanzgitter



Obr. 29 STG vodiče [17]



Obr. 30 Dráhy STG v plastovém dílci

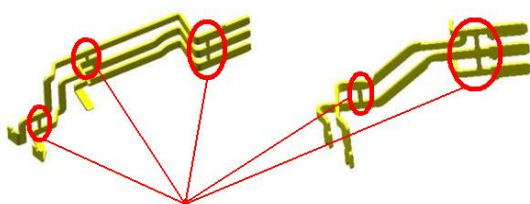
Stanzgitter, v anglickém jazyce „Lead Frame“ (dále jen STG), je forma elektricky vodivých kovových drah, vyráběná především stříháním z plechu. Tato technologie vznikla za účelem nahrazení kabelových a tištěných spojů elektroniky u velkých výrobních sérií.

STG technologie se vyvíjí již přes 30 let a za tuto dobu si našla uplatnění v nejrůznějších oblastech hromadně vyráběné elektroniky. Nejprve se začala využívat k výrobě základních stavebních prvků el. obvodů, jako jsou například el.pojistky, spínací relé, LED diody a části elektrických motorů. S postupným rozšiřováním této technologie se vodiče STG začaly objevovat i v oblasti automobilového průmyslu, kde se zpočátku osvědčily například u výroby elektrických pojistkových systémů, či soustav světlometů. S dalším vývojem a zdokonalováním technologie STG, se tyto vodiče rozšiřovaly takřka do všech částí elektrického vybavení automobilu. Zcela běžně se dnes využívají například u dveřních systémů, osvětlovacích lišt, palivových čerpadel, k ovládání nejrůznějších elektrických pohonů, atd. Díky velké výkonové zatížitelnosti těchto vodičů se dále využívají například v motorovém prostoru automobilů, kde je mnohdy zapotřebí pracovat s proudem přesahujícím i 100A.

Tato technologie je ve srovnání s elektrickými kabely technologicky náročnější (vystřihování drah, ohýbání, zakládání do sestav atd.) a dráhy STG je nutné vyrábět s ohledem a zaměřením na každý typ a model výrobku. Má však mnoho výhod a vzhledem k nízkým výrobním nákladům u velkých sérií se STG vodiče používají nejčastěji. V oblasti automobilových zámků má tato metoda navíc mnoho specifík, které si postupně přiblížíme.

3.3.1 Výroba STG vodičů

STG vodiče je možné vyrábět několika možnými způsoby, přičemž mezi hlavní z nich patří metoda postupového stříhání (většinou ze svitku plechu) a následného ohýbání. U této metody tak po prvním prostřížení a ohýbání vznikají předpřipravené sestavy vodivých drah, které jsou propojeny technologickými spojovacími můstky, které můžeme vidět na obr. 31 (dále jen spojovací můstky). Tyto spojovací můstky slouží zejména k usnadnění manipulace s STG a v následujících fázích výrobního procesu je nutné tyto můstky odstraňovat. U

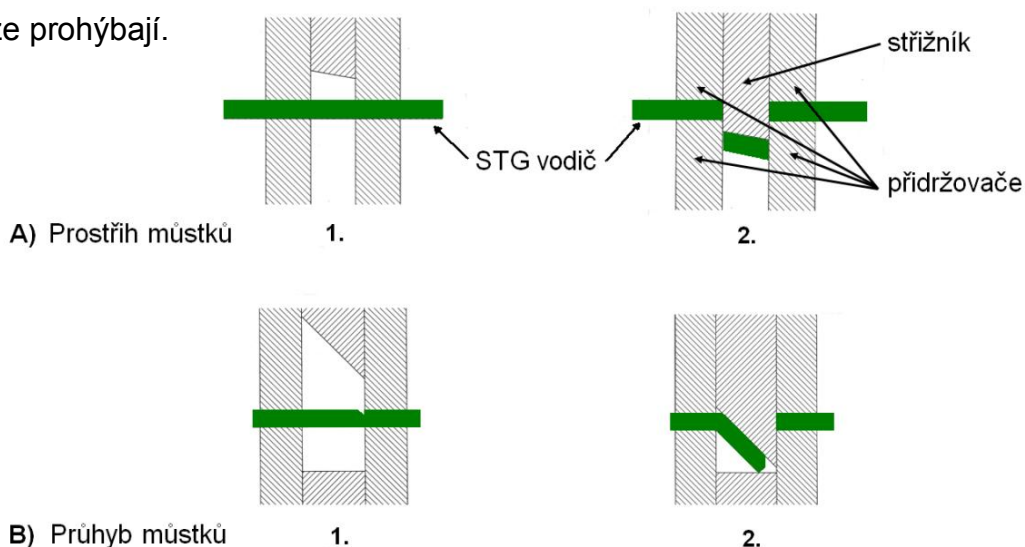


Technologické/spojovací můstky u STG
Obr. 31 Spojovací můstky

automobilových zámků se však používají i jiné metody, při kterých se využívá například předpřipravených polotovarů a dráhy STG se pouze odlamují jako jednotlivé vodiče a dále zpracovávají.

3.3.2 Odstraňování spojovacích můstků u STG

Oddělování spojovacích můstků (obr. 32) se provádí dvěma následujícími způsoby. Prostříhem můstků, který lze vidět na obrázku 32 A) a jejich průhybem viz obrázek 32 B). Prostříh je možné provádět před zakládáním STG vodičů a dalšími technologickými kroky, nebo po jejich založení do formy, či hotového výrobku. To samé platí i u druhého způsobu, při kterém se spojovací můstky pouze prohýbají.



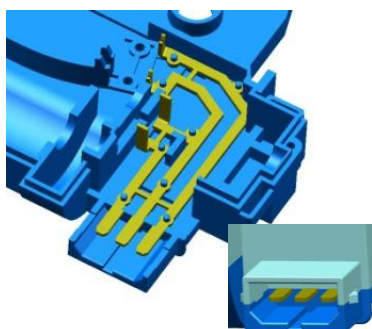
Obr. 32 Oddělování spojovacích můstků

3.3.3 Výroba auto-zámků obsahující STG vodiče s ohledem na požadavek krytí IP6K7

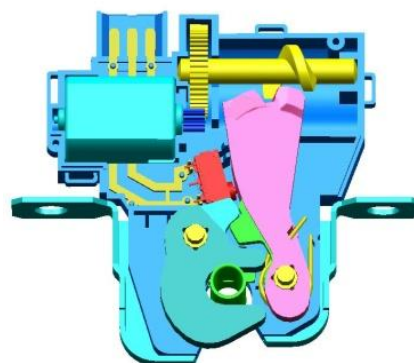
Jak již bylo v předchozích kapitolách několikrát zmíněno, jedním z hlavních požadavků pro dnešní automobilové zámky je stupeň krytí IP6K7, který dle normy vyžaduje izolaci elektrického vybavení v auto-zámku vůči vodě, prachu a vlhkosti. Přesto tento požadavek není vyžadován u všech automobilových zámků a proto bude aplikace STG vodičů rozdělena do dvou skupin, podle potřeby plnění této normy.

3.3.3.1 Možnosti výroby auto-zámků s STG vodiči bez požadavku krytí IP6K7

V případech, kdy u výrobku není vyžadován stupeň krytí IP6K7, je možné STG dráhy volně zakládat do těl zámků. STG vodiče mohou v tomto případě být již oddělené, nebo mohou být propojeny spojovacími můstky, které jsou poté odděleny prostřížením, nebo průhybem přímo ve výrobku. Takto založené vodiče ve výrobku jsou znázorněny na obr. 33 a většinou jsou v těle zámku připevňovány nýtováním vodičích a aretačních prvků na plastovém těle výrobku.

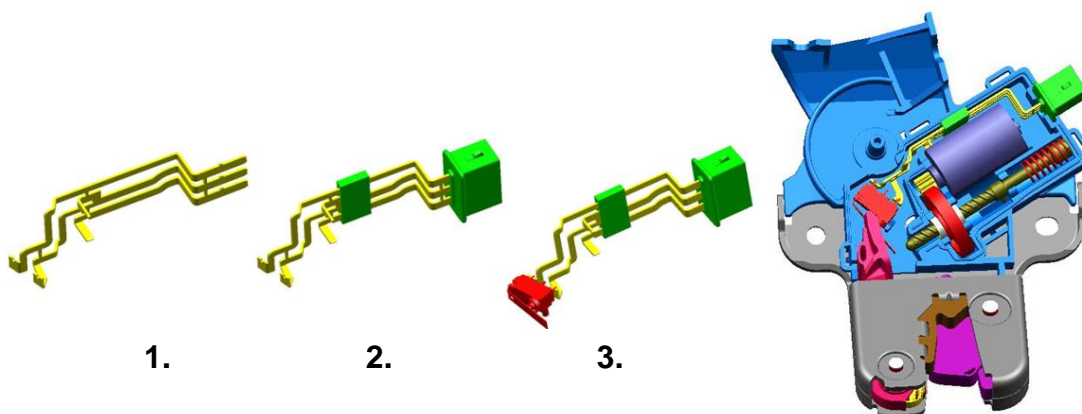


Obr. 33 STG vodiče bez požadavku krytí

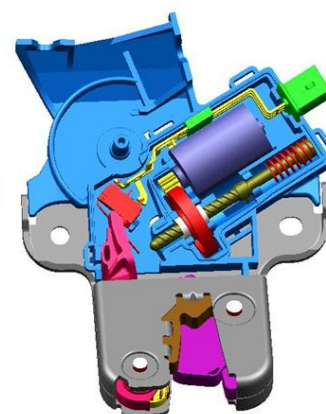


Obr. 34 STG vodiče vez požadavku krytí v sestavě zámku

Druhou možností zakládání a aplikace STG drah bez požadavků krytí, je zakládání STG vodičů s částečným obstřikem. Tento částečný obstřik je znázorněn na obrázku 35/2 a slouží zejména ke zpevnění drah STG před prostřížením a k usnadnění následného zakládání těchto vodičů do výrobku. Částečný obstřik může obsahovat také části konektorů a další funkční prvky, viz obrázek 35/3. Postup výroby STG s částečným obstřikem je zřejmý z obr 35.



Obr. 35 Postup výroby STG s částečným
obstřikem



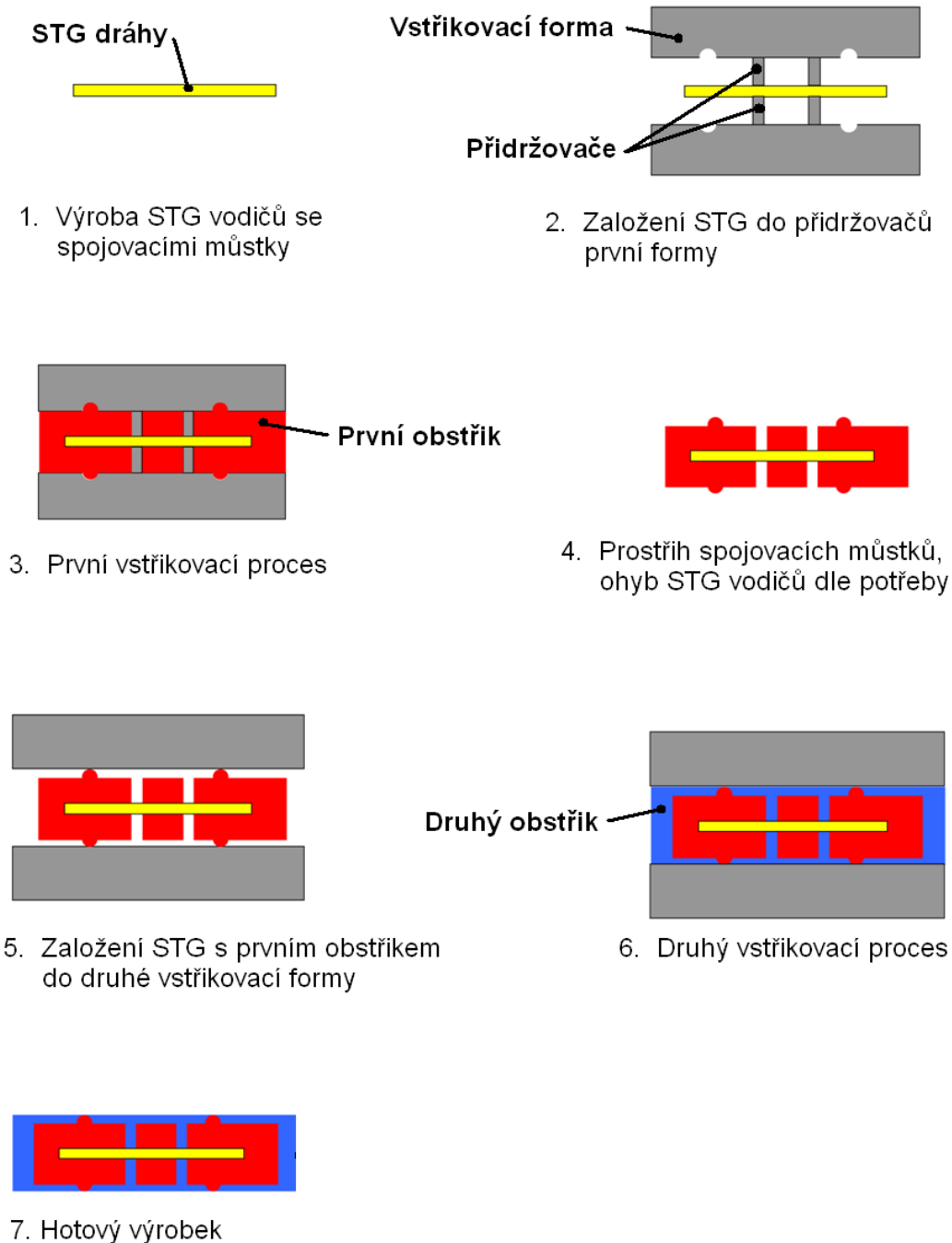
Obr. 36 STG
s částečným obstřikem
v sestavě zámku

3.3.3.2 Možnosti výroby auto-zámku s STG vodiči a požadavkem krytí IP6K7

V případě požadavku úplného krytí je potřeba používat technologie, které umožňují úplnou izolaci STG vodičů od vnějšího okolí. Takto izolované STG dráhy se vyrábějí především třemi způsoby. Prvním způsobem je metoda dvou obstřiků plastem, přičemž je výrobek s STG dráhami vyráběn na dvě vstřikovací operace a dosahuje se tak kompletního zakrytí STG drah v plastovém těle auto-zámku. Druhá možnost je výroba jedním obstřikem, přičemž je výrobek obstříknut na jednu operaci a STG dráhy jsou také kompletně izolovány v těle výrobku. Třetí využívaný způsob je výroba STG drah s dodatečnou izolací jiným materiálem. S ohledem na požadavek úplného krytí je také možné izolovat celou elektrickou soustavu do utěsněného pouzdra. Tato možnost se však kvůli konstrukční náročnosti v praxi běžně nevyužívá.

Výroba auto-zámků s STG vodiči na dvě vstřikovací operace

U této metody se finální výrobek obsahující STG vodiče vyrábí dvěma vstřikovacími procesy. Při prvním vstřikování dochází k obstřiku drah STG ve vstřikovací formě a poté dochází k jejich prostřížení, ohýbání a zakládání do finální vstřikovací formy. Při druhém vstřikovacím procesu dochází k obstřiku finální podoby výrobku a dokončení úplného zakrytí STG vodičů v těle výrobku. Princip této metody je znázorněn na obrázku 37.

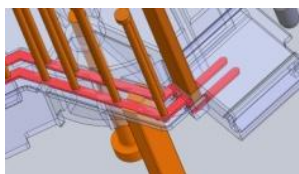
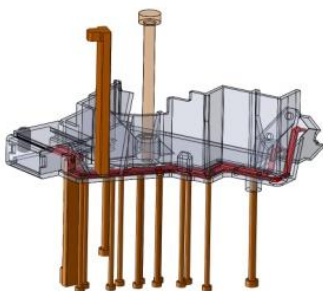


Obr. 37 Schéma výroby auto-zámek s STG vodiči na dvě vstřikovací operace

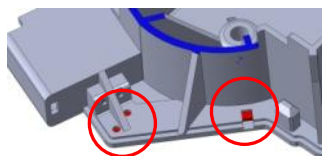
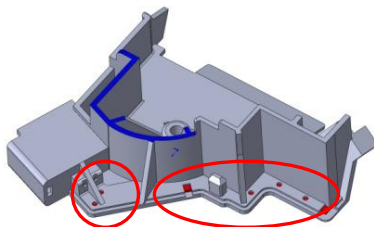
Metoda dvou vstřikovacích procesů je nutná i u starších typů forem, kde jsou STG vodiče zakládány, oddělovány a ohýbány již v prvním procesu vstřikování. V této fázi vzniká základní podoba vstřikované součásti. Jelikož tyto formy obsahují pevné přídržovače, nutné k zajištění drah STG v první fázi vstřikování, vznikají v kontaktních místech přídržovačů s STG odkrytá místa. Pro požadavek

úplného krytí je tedy v těchto případech nutné provést druhý vstřikovací proces a odkrytá místa obstříknout.

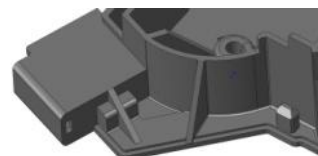
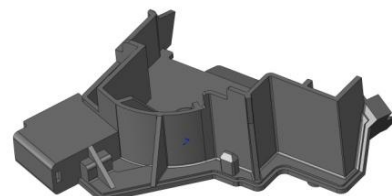
Odkrytá místa po přidržovačích a požadovaná podoba s úplným krytím STG vodičů jsou znázorněny na obrázku 39.



Obr. 38 Ukázka vložení STG drah do první vstřikovací formy, pomocí přidržovačů



Obr. 39 Odkrytá styková místa po přidržovačích po prvním vstřikovacím procesu



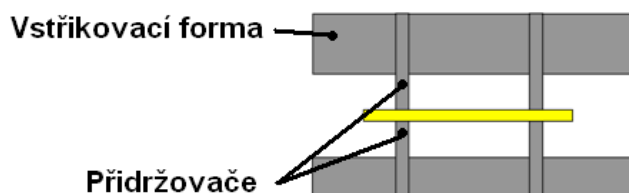
Obr. 40 Ukázka plně obstříknutých STG drah po druhém vstřikovacím procesu

Výroba auto-zámků s STG vodiči jedním obstříkem

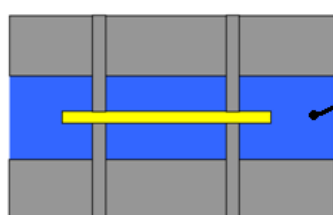
Princip této metody spočívá ve výrobě těl zámků s úplným krytím v jednom vstřikovacím procesu. Tento výrobní postup je možný díky mechanizaci přidržovačů a jejich odjíždění během vstřikovací fáze. K jejich odjetí dochází v okamžiku, kdy jsou dráhy STG dostatečně obstříknuty plastem a nemusejí být nadále přidržovány. Jakmile jsou přidržovače odsunuty, jejich styková místa s drahami STG vodičů jsou zakryta a je tak dosaženo požadavku úplného krytí. Mechanizace odjíždění přidržovačů může být zajištěna tlakem vstřikovaného plastu, nebo mechanizována vstřikovacím zařízením. Tato metoda je samozřejmě velmi náročná na odladění celého procesu a je zapotřebí složitějších vstřikovacích forem, než v předchozím případě. Princip a jednotlivé kroky této metody jsou znázorněny na obrázku 41.



1. Výroba STG vodičů

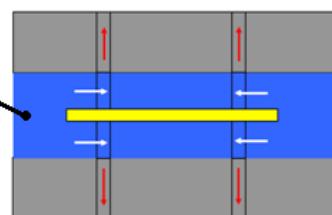


2. Založení STG do přidržovačů vstřikovací formy (v této fázi jsou propojovací můstky u STG odděleny)



3. První fáze vstřikovacího procesu

Vstřikovaný materiál



4. Druhá fáze vstřikovacího procesu - odsun přidržovačů a zatečení plastu do stykových míst s STG

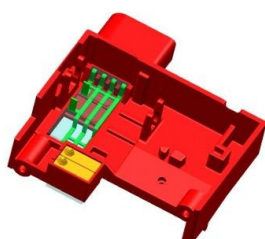


5. Hotový výrobek s úplným obstříkem

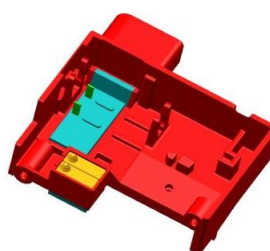
Obr. 41 Schéma výroba auto-zámků s STG vodiči jedním obstříkem

Výroba zámků s STG vodiči a dodatečnou izolací

U tohoto výrobního postupu nejsou STG dráhy po založení do těla zámku obstříkny plastem, ale jsou zastříkny jiným materiálem v podobě izolační hmoty. Tato hmota se vstřikuje do formy pod nízkým tlakem a díky tomu mohou být STG vodiče obstříkny s již naletovanými mikrospínači a jinou elektronikou. Pro ukázkou je tato metoda znázorněna na obrázku 42 a 43.



Obr. 42 STG dráhy v těle zámku před zakrytím dodatečným materiálem



Obr. 43 STG dráhy po zakrytí dodatečnou izolací

3.3.4 Používané materiály a jejich povrchové úpravy

V oblasti automobilových zámků se u STG vodičů využívají několik skupin materiálů s různými kombinacemi povrchových úprav. Nejpoužívanějším materiálem pro výrobu STG vodičů je však pocínovaná mosaz (CuZn37).

Dále se u STG vodičů velmi často využívá běžná ocel, v kombinaci například s galvanickým niklováním, cínováním, stříbřením či zlacením. Možné je také využití některých bronzových materiálů. Vše záleží na konkrétních požadavcích na výrobek. Platí zde však obecné pravidlo propojovat stejné materiály, se stejnými povrchovými úpravami a je nutné brát ohled i na celkovou zástavbu zámků (typy připojovaných konektorů, atd.). V automobilovém průmyslu však existují i výjimky, kdy se například předpokládá častější rozebírání spojovaných součástí a jako příklad si uveďme např. pojistkové systémy automobilů. V tomto případě jsou svorkovnice pro pojistky postříbřeny a kontakty el. pojistek cínovány. Rozdílné typy povrchových úprav jsou zde z důvodu vyšší odolnosti postříbřeného povrchu vůči otěru, než povrchu cínovaného. Je tedy velmi důležité, zhodnotit celkovou zástavbu výrobku a zvolit vhodný materiál a povrchovou úpravu vodičů STG.

Pokovují se většinou již polotovary, z kterých se STG dráhy stříhají. Z praxe však nastává problém v bodě, kdy je nutné STG dráhy z polotovaru prostříhnout a povrchová vrstva polotovaru je porušena. Dochází zde k mírnému „namáznutí“ povrchové úpravy do střížné plochy, ale u některých aplikací je tato vrstva nedostatečná, tudíž je nezbytné dodatečné pokovování.

3.3.5 Montáž a napojování el. součástek na STG dráhy

Možnosti montáže součástek na STG lze rozdělit na rozebíratelné a pevné spoje. Mezi rozebíratelné spoje patří spojení konektorového typu a mezi nerozebíratelné patří pájení a odporové svařování.

Pájení

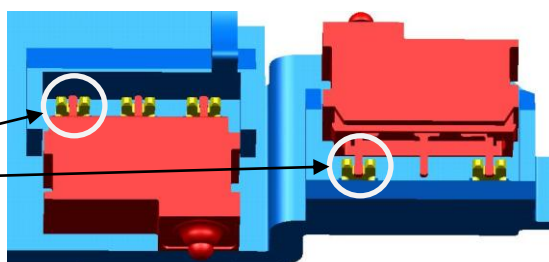
Pájení je pevné spojování kovových materiálů pájkou (spojovací, přídavný materiál), která má nižší teplotu tavení než spojované materiály. Existují různé druhy pájek, které se odlišují teplotou tavení, chemickým složením, mechanickými a elektrickými vlastnostmi. Základními prvky u běžně používaných pájek jsou



Obr. 44 Pájení [18]

zejména Sn a Pb. V současné době je však použití pájek s příměsí olova zakázáno zákonem, z ekologických důvodů. Spoje v automobilových zámčích, před procesem pájení jsou znázorněny na obrázku 45.

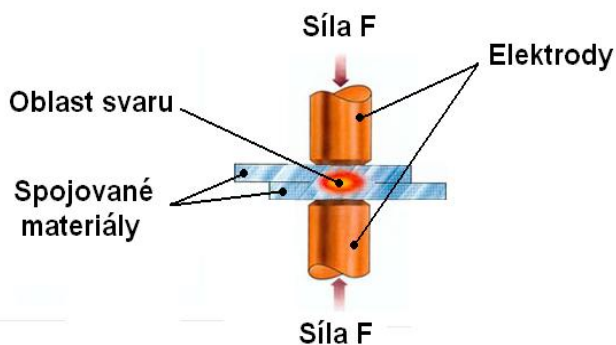
Spojovaná místa před pájením



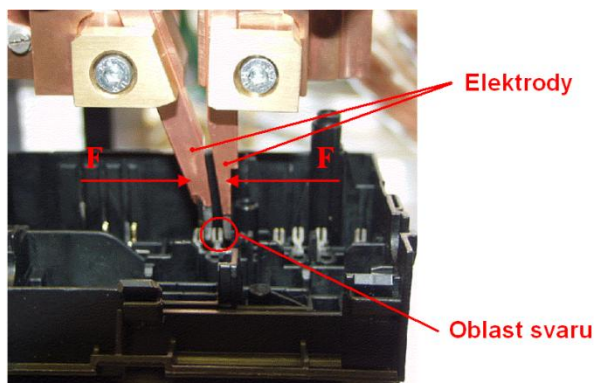
Obr. 45 Napojování el. komponent na STG vodiče letováním

Odporové svařování

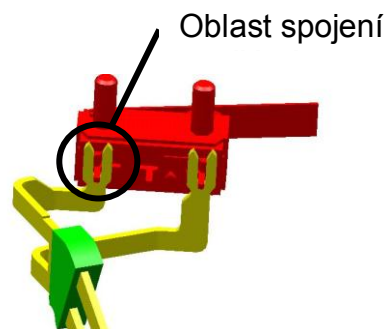
Při odporovém svařování se propojované součástky z kovu spojují bez přidávání dalšího materiálu. Tento princip spojení je dosažen aplikací tlaku společně s elektrickým proudem, díky kterému dochází k natavení spojovaných materiálů ve stykových bodech. Princip odporového svařování je zobrazen na obrázku 46 a 48.



Obr. 46 Princip odporového svařování [19]



Obr. 48 Odporové svařování kontaktů STG vodičů na těle automobilového zámku

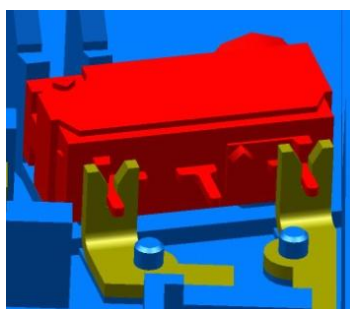


Obr. 47 Detail oblasti pro spojení odporovým svařováním

Jiné napojení el. součástek na STG vodiče

Mezi ostatní metody napojování el. součástek u STG patří například metoda lisování. Tento princip napojení el. součástek není rozebíratelný a součástky jsou do sebe pevně zalisovány. Lisovaný spoj je znázorněn na obrázku 49.

Mezi další možnosti napojování patří i rozebíratelné spoje a konektorová spojení, které STG vodiče v tělech zámků přímo vytvářejí. (viz obrázek 6, str.18).



*Obr. 49 Montáž
mikrospínače na STG
dráhy lisováním*

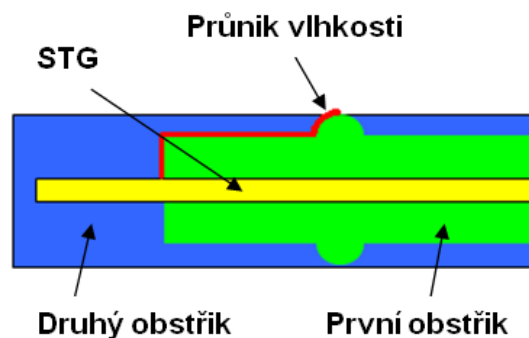
**3.3.6 Shrnutí dosažitelných vlastností STG vodičů a jejich
vhodnost pro využití v automobilových zámcích**

STG vodiče se v současné době u automobilových zámků využívají velice často. Na základě této skutečnosti lze předpokládat, že k využití tohoto typu elektrických vodičů, mají výrobci automobilových zámků s dlouholetými zkušenostmi dobré důvody. Každá technologie však zahrnuje mnoho specifik a v každé oblasti dosahuje svých limitních možností. Proto bude nyní technologie STG vodičů komplexně zhodnocena.

Jedním ze základních požadavků pro automobilové zámky je nutnost odolnosti vůči klimatickým podmínkám a funkčnost výrobku v pracovním prostředí v rozmezí teplot od -40 °C do +85 °C. Ohledně splnění těchto požadavků nemají STG vodiče v zástavbách zámků žádný problém. Komplikace však nastávají v již zmiňovaném požadavku těsnosti zámků vůči vodě a vlhkosti, což vyžaduje stupeň krytí IP6K7.

Jak bylo v této kapitole popsáno, u STG vodičů je tento problém řešitelný několika způsoby, přičemž se jedná o metody jednoho obstříku, dvou obstříků, zakrytí dodatečným materiálem a zakrytí v pouzdře zámku. Nejčastěji se využívají

první dvě metody obštríků, přičemž u metody dvou obštríků nastává problém se spolehlivostí utěsnění, který je znázorněn na obrázku 50. U metody jednoho obštríku je však nutné pracovat s mechanicky složitějšími vstřikovacími formami, což má za následek problémy zejména s odlaďováním strojů a menší stability výrobního procesu. Na druhou stranu zde odpadá nutnost potřeby dvou vstřikovacích forem ve srovnání



Obr. 50 Pronikání vlhkosti do výrobku s dvěma obštríky

s metodou výroby na dva obštríky. I přes zmíněná úskalí těchto dvou metod, je požadavek krytí u STG vodičů splnitelný a ve srovnání s metodami tištěných spojů a kabelů je v této oblasti mnohem více možností.

Požadavky na chemickou odolnost automobilových zámků s STG vodiči, je v tomto případě nutné vztahovat na kompletní sestavy zámků, zejména na materiály používaných plastů. Samotné dráhy STG vodičů jsou pouze kovové materiály s různými typy povrchových úprav a proto požadavek na chemickou odolnost, vzhledem k využití STG vodičů, není považován za důležitý.

Teplotní stabilitu a životnost STG vodičů lze také považovat za silnou stránku této technologie, ve srovnání například s PCB technologiemi. Požadavky teplotní stability elektrických obvodů lze s STG vodiči a jejich vhodným návrhem relativně lehce splnit.

V konstrukčních požadavcích je u STG vodičů velkou výhodou schopnost 3D-montáže a možnost vytvářet konektory již na těle zámku. Další výhodou z konstrukčního hlediska je dosažená pevnost STG drah, díky kompletnímu obštríku vodičů ve výrobku. Existuje zde také mnoho metod montáže a výroby STG vodičů, což usnadňuje jejich aplikovatelnost na konkrétním výrobku a rozšiřuje to možnou oblast pro jejich využívání. Narážíme zde však na omezené možnosti ohybů STG vodičů a v mnoha ohledech na technologickou náročnost jejich výroby a aplikace.

Požadavky na elektrické vlastnosti vodičů u automobilových zámků lze s STG vodiči splnit prakticky ve všech směrech. Vzhledem k možnosti volby průřezů drah STG vodičů v kombinaci s možnými materiály, jejich povrchovými

úpravami a druhy obstříkovaných materiálů, je tato technologie schopna splnit takřka veškeré požadavky.

V oblasti zástavby STG vodičů do automobilových zámků a jejich napojování na el. součástky existuje více možností jak tyto požadavky plnit, přičemž všechny tyto metody byly již popsány.

Mezi další velmi významné výhody STG vodičů patří zejména snižující se výrobní náklady se zvyšujícím se počtem kusů, ve srovnání s ostatními technologiemi. Podstatnou výhodou je také ekologická stránka výroby STG ve srovnání například s tištěnými spoji a možnost recyklace takto vyrobených produktů.

K nevýhodám technologie STG vodičů patří zejména nutnost vysokých počátečních nákladů, vzhledem k jiným technologiím (střížný stroj, obstříkové nástroje) a technologickou náročnost výroby. Další velmi významnou nevýhodou je také vznikající odpad po prostřížení STG drah a omezená efektivita tohoto způsobu výroby. Takto vzniklý materiál je sice recyklován, přesto je nutné počítat se zvýšenými náklady. Mezi poslední nevýhodu můžeme zmínit také problém s dodržáním úplnosti a kvality povrchových úprav u STG vodičů. Povrchové úpravy jsou většinou prováděny již na plechovém polotovaru, z kterého jsou STG dráhy stříhány. Problém s povrchovou úpravou nastává na střížných plochách a pokud je vrstva povrchové úpravy na střížné ploše nedostatečná (dochází zde k mírnému namáznutí povrchové vrstvy do roviny stříhu), je nutné STG dráhy pokovovat až po prostřížení. To celý proces prodlužuje a vznikají tak další výrobní náklady a nutnost další technologické operace.

3.4 3D-MID technologie

Moulded interconnected device (zkratka 3D-MID), neboli elektricky propojené vstřikované výrobky je technologie, umožňující vytvářet elektricky vodivé dráhy přímo na těle výrobků zhotovených vstřikováním. Jedná se o poměrně novou technologii, která byla představena v roce 2001. Od roku 2007 se tato technologie začala uplatňovat v praxi a touto technologií se začaly vyrábět první výrobky zejména u drobné elektroniky. [20]



Obr. 51 Společnost BASF – Významný výrobce materiálů pro 3D-MID technologii [20]

3.4.1 Popis technologie

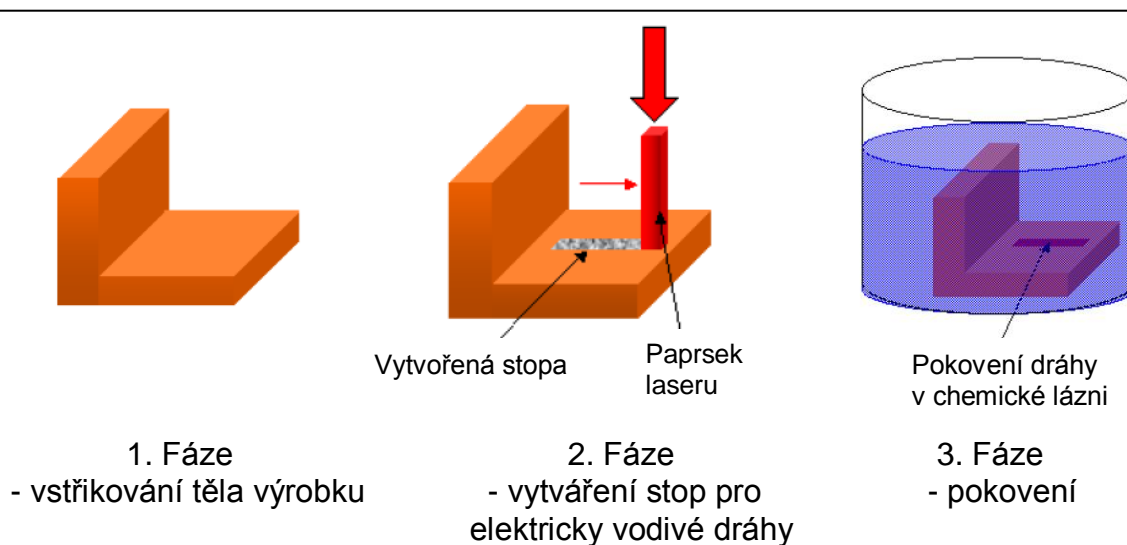
Technologie 3D-MID využívá ve své podstatě stejného principu vytváření el.vodivých drah, jako technologie plošných tištěných spojů (PCB). V první fázi je vytvořen nosič el.vodivých drah, dále jsou vytvořeny stopy budoucích el. vodivých drah a poté následuje jejich fyzické vytváření (u 3D-MID metodou chemického pokovení). Souvislosti lze nacházet i v možnostech vnější izolace takto vytvořených vodičů, například lakováním. Technologie 3D-MID má však ve srovnání s PCB obvody mnohem více možností a výhod.

Jednou z hlavních výhod této technologie oproti PCB obvodům je možnost vytvářet el. vodivé dráhy přímo na těle plastového výrobku. V prvním kroku se vstřikováním vyrobí libovolný plastový výrobek a poté následuje vytváření stop



Obr. 52 Produkt 3D-MID technologie [20]

budoucích vodičů. Tyto stopy jsou vytvářeny pomocí laseru a v dalším kroku následuje chemické pokovení výrobku. Dochází tak k finálnímu pokovení stop, vytvořených v předchozí operaci. Tyto tři hlavní fáze celého procesu jsou pro názornost zobrazeny na obrázku 53. Poslední fází je montáž el. součástí na výrobek (zejména pájením), popřípadě zabudování výrobku do sestavy konečného produktu. [20] [21]

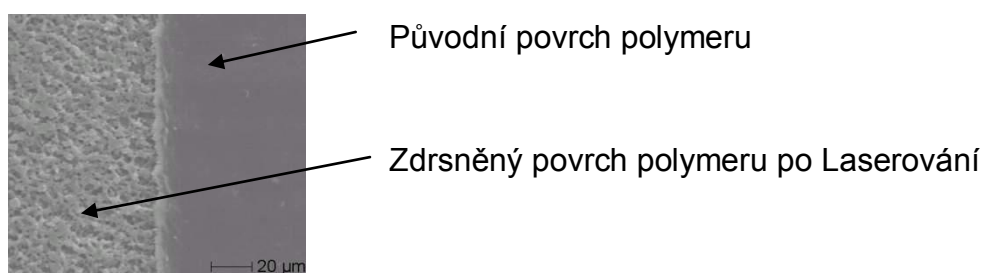


Obr. 53 Hlavní fáze procesu technologie 3D-MID [20]

Vytváření el. vodivých drah na plastovém výrobku je možné díky dvěma faktorům. [20]

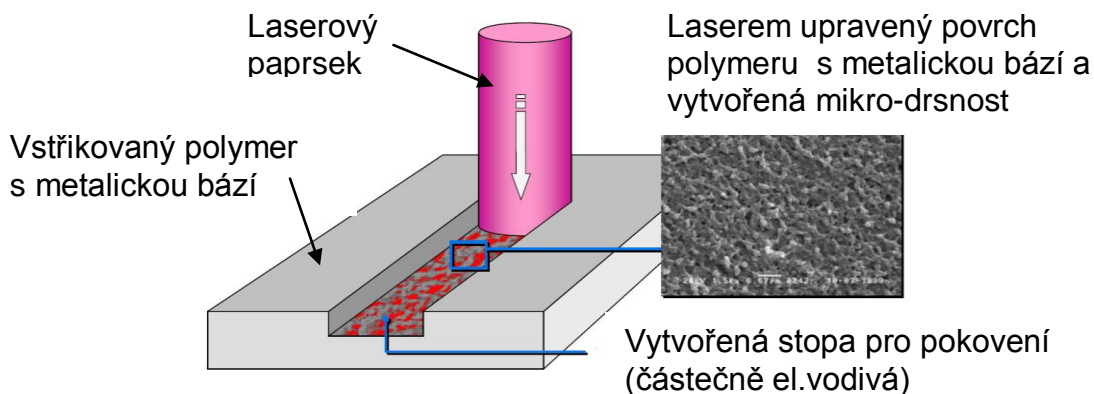
Prvním z nich je úprava polymerního materiálu, do kterého se přidává metalická báze v podobě mědi. Konkrétně společnost Basf u svých materiálů s metalickou bází zaručuje, že tato příměs el. vodivého materiálu v matrici plastu nijak neovlivní jeho celkovou elektrickou vodivost. Obsah částic mědi v plastové matrici však umožní jeho pokovení po následující operaci laserování. [20]

Druhým zásadním faktorem pro technologii 3D-MID je samotné laserování. Při této operaci dochází k natavování povrchu polymeru laserem, a jelikož polymer obsahuje metalickou bázi v podobě měděných mikročástic, je spuštěna fyzikálně chemická reakce. Tato reakce vytváří na povrchu polymeru mikrodrsnost (obrázek 54) a zároveň jsou odkryty a nataveny částice mědi, které způsobují el. vodivost takto zdrsňeného povrchu. [20]



Obr. 54 Zvětšený detail povrchu polymeru po laserování [20]

Na tento částečně el. vodivý povrch je poté možné nanášet další vodivé vrstvy a vytvářet tak el. vodivé dráhy podobné drahám na PCB. Celý tento proces a přilnavost nanášené el. vodivé vrstvy, velmi usnadňuje již zmíněná mikrodrsnost vytvořeného povrchu. Pro názornost je proces laserování popsán na obr. 55. [20]

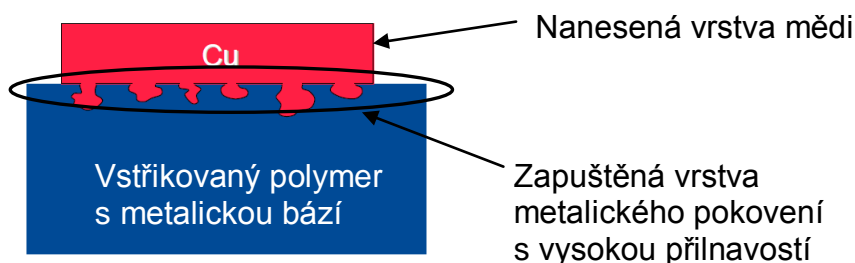


Obr. 55 Popis operace laserování [20]

3.4.2 Způsob pokovení vodivých drah

Pokovení laserem vytvořených stop, které jsou částečně el.vodivé probíhá chemickou cestou ve speciální lázni, bez využití elektrického proudu. Nevýhodou této metody je zejména nutnost doplňování a regenerace lázní. [20]

Tato technologie pokovení však umožňuje splnit vysoké požadavky na přilnavost el. vodivých drah na polymerní materiál. Dle normy DIN IEC 326, je v oblasti PCB obvodů požadována přilnavost těchto drah na základní materiál o síle 0.6-1.1 N/mm². Technologie 3D-MID tento požadavek splňuje. [20]



Obr. 56 Znázornění přilnavosti nanášeného vodiče na polymerní materiál [20]

3.4.3 Používané polymerní materiály

V současné době je nabízena široká škála polymerních materiálů, vhodných pro technologii 3D-MID. Tato technologie se rozšířila natolik, že tyto materiály dnes nabízí většina velkých společností, zabývajících se jejich výrobou.

Mezi nejpoužívanější matrice obsahující metalickou bázi (30-40%Cu), patří zejména PBT, PA6 a PET. Tyto materiály jsou většinou dopovány skelnými a minerálními vlákny, pro zlepšení mechanických vlastností. [21]

PBT – Polybutylentereftalát

Jedná se o konstrukční termoplast, patřící do skupiny polyesterů. Tato matrice se běžně využívá v automobilovém průmyslu a pro výrobu elektronických součástek. [22]

PA 6 – Polyamid 6, neboli Silon

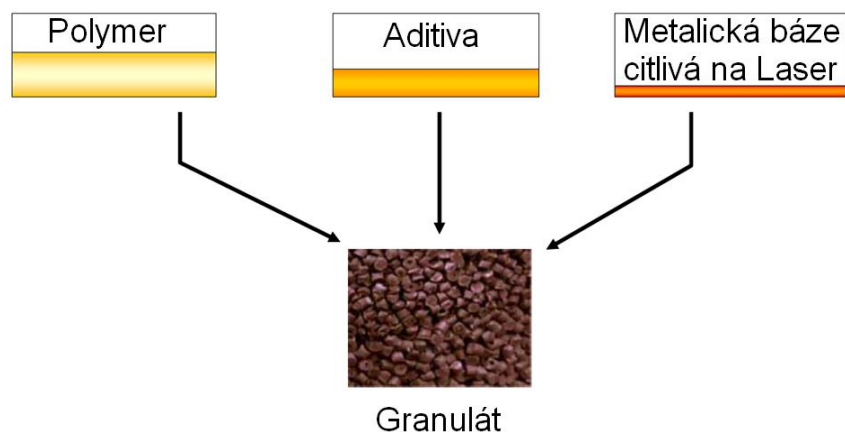
Tento polymerní materiál patří opět mezi termoplasty do skupiny polyamidů a běžně je dopován skelnými a minerálními vlákny. Využívá se zejména jako konstrukční plast, například u výroby ložisek, ozubených kol a ovládacích elementů. Tento materiál vykazuje sklony k navlhování. [22]

PET - Polyetylentereftalát

PET je termoplastický polymerní materiál patřící do skupiny polyesterů. Běžně se využívá při výrobě fólií, lahví a při obsahu plniv se používá jako konstrukční plast pro vstřikované výrobky. Opět tato matrice vykazuje sklony k nasákavosti vlhkostí. [22]

3.4.4 Materiály nabízené společností BASF

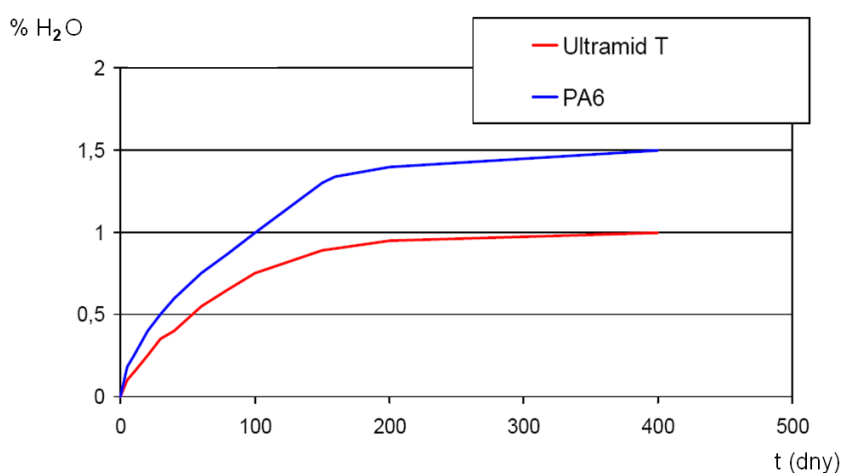
Společnost BASF v současné době nabízí pouze jeden materiál vhodný pro technologii 3D-MID, přičemž druhý v současné době vyvíjí. Jedná se o Ultramid T 4371 LDS a vyvíjený materiál Ultradur B4300GM24 LDS. Oba tyto materiály obsahují přibližně 30% částic Cu a další aditiva. Jak již bylo zmíněno, u obou těchto materiálů společnost Basf zaručuje, že přidáním metalické báze do základní matrice polymeru neovlivní jeho celkovou elektrickou vodivost. [20]



Obr. 57 Poměrové schéma složení granulátu pro 3D-MID [20]

Ultramid T 4371 LDS (Laser Direct Structuring)

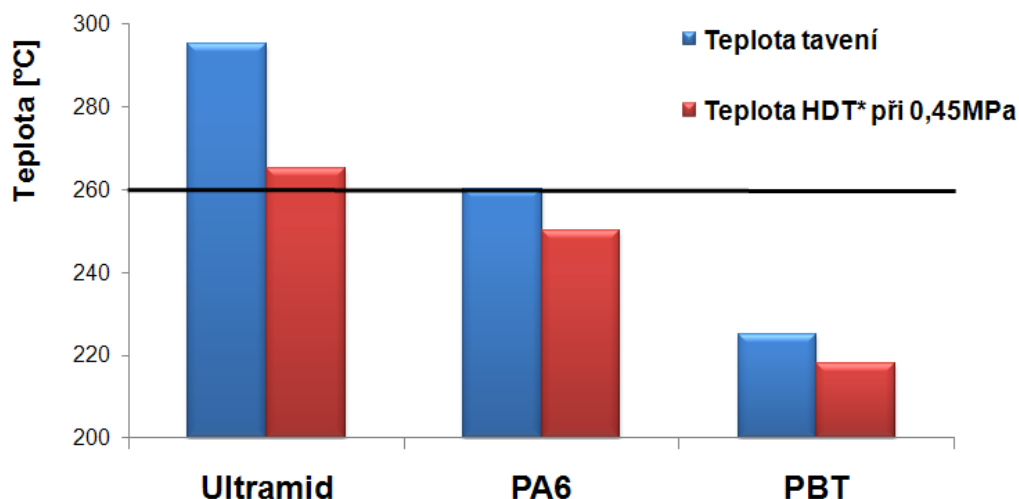
Tento materiál má matrici tvořenou polymerem PA 6, který byl již popsán. Obsahuje však metalickou bázi Cu (cca 30%), 10% skelných vláken a 25% minerálních vláken. Jeho celkovým složením je dosaženo teploty tavení 295 °C, vysoké pevnosti a tuhosti materiálu, dobré chemické odolnosti a nízké hodnoty navlhavosti (graf 1). Tento materiál má také velmi dobrou přilnavost vytvářených vodivých drah. [20]



- Testovací podmínky: 23 °C, 50% relativní vlhkosti
- Materiál Ultramid vykazuje mnohem menší navlhavost ve srovnání s polymerním materiálem své matrice PA6
- Celková navlhavost materiálu Ultramid se za daných podmínek pohybuje do 1%.
- Díky malé navlhavosti vykazuje tento materiál dobrou rozměrovou stabilitu a stálé mechanické vlastnosti

Graf 1 Charakteristika navlhavosti materiálu Ultramid T a PA6 [20]

Díky vysoké teplotní odolnosti je tento materiál odolný vůči teplotám nutným k pájení. Tato vlastnost umožňuje proces pájení přímo na jeho povrchu, což patří mezi jeho největší výhody. Teplotní odolnost ve srovnání s jinými polymery je znázorněna na grafu 2. [20]



*HDT = Heat Distortion Temperature (teplota při které materiál ztrácí své mechanické vlastnosti, u testovaného zatížení a dochází k jeho zhroucení)

Pozn.: 260 °C je udávána jako hraniční hodnota, které je schopné materiál odolávat v procesech strojního pájení

Graf 2 Teplotní odolnost mat. Ultramid ve srovnání s PA6 a PBT [20]

Ultradur B4300GM24 LDS

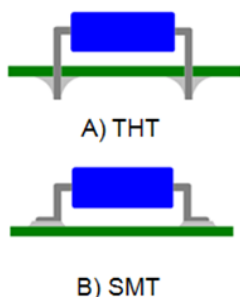
Druhým materiálem společnosti BASF, který je v současnosti vyvíjen pro technologii 3D-MID, je Ultradur B4300GM24 LDS. Tento materiál je založen na matrici polymeru PBT. Kromě metalické báze obsahuje také 10% skelných vláken a 20% minerálních vláken. Teplota tavení tohoto materiálu je 220 °C a ve srovnání s Ultramidem je relativně nízká. Tento materiál má však lepší zabíhavost a rozměrovou stabilitu. Dosahuje také nižších hodnot nasakování vlhkosti. [20]

Mechanické vlastnosti obou výše uvedených materiálů jsou znázorněny v tabulce 1.

Materiál:		Ultramid T 4381 LDS	Ultradur B4300GM24 LDS
Dostupnost:		Dostupný	Ve vývoji
Polymerní matrice:		PA 6/6T	PBT
Parametr	Jednotky	hodnota	
Modul pružnosti E (dle normy)	MPa	9000	7900
Mez pevnosti Rm	MPa	110	80
Deformace po porušení	%	2,1	2,1
Teplota tavení	°C	295	-
Houževnatost	kJ/m ²	40	30
HDT/B - 0,45MPa	°C	265	220
Smrštění	%	0,5	-
Hustota	g/cm ³	1,4	-
Obsah metalické báze	%	30	-
Obsah skelných vláken	%	10	10
Obsah minerálních vláken	%	25	20

Tabulka 1 Mechanické vlastnosti materiálů společnosti BASF pro 3D-MID [20] [21]

3.4.5 Montáž a napojování el. součástek na vodiče 3D-MID



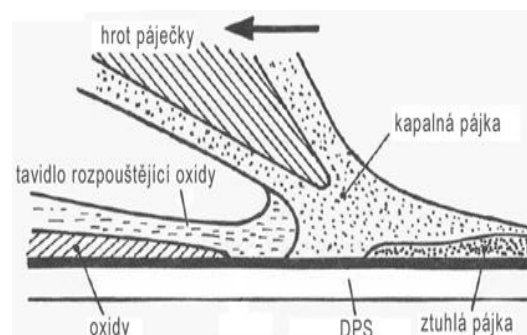
Obr. 58

Montáž součástek a elektrických komponent na el.dráhy vytvořené technologií 3D-MID, je srovnatelná s principy používanými u technologie PCB. Jedná se tedy zejména o procesy pájení a dva základní způsoby montáže (obr. 58), které byly popsány v kapitole plošných spojů. Vzhledem k náročnosti montáže THT u výrobků 3D-MID (nutnost pokovení otvorů atd.), se však využívá převážně montáže SMT.

Způsoby pájení jsou v současné době rozdělovány do dvou základních skupin na ruční a strojní. [23]

Ruční pájení

Tato metoda pájení patří mezi nejstarší způsoby a v současné době se využívá hlavně u vývojových aplikací s nízkým objemem produkce. Schéma této metody pájení je zobrazeno na obrázku 59. [23]

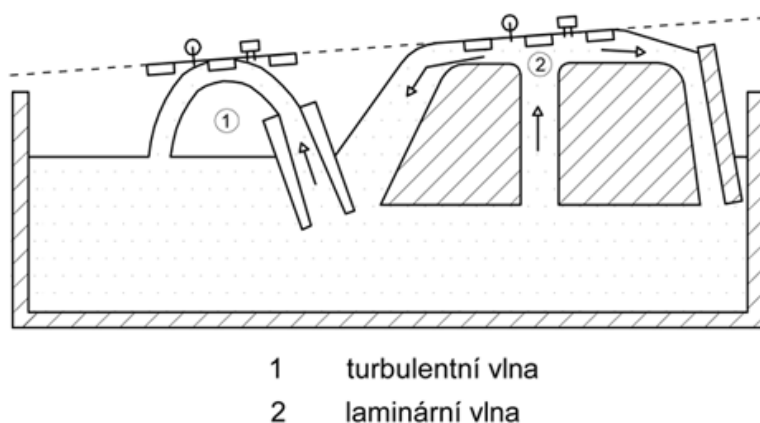


Obr. 59 Schéma ručního pájení [23]

Strojní pájení

Mezi způsoby strojního pájení se řadí dvě nejčastěji používané technologie. Jedná se o technologii pájení vlnou (Wave Soldering) a pájení přetavením (Reflow soldering). [23]

Pájení vlnou se používá především k pájení komponent na PCB uchycených metodou THT (true hole technology - skrz díru) a schéma této technologie je znázorněno na obrázku 60. [23]



Obr. 60 Schéma procesu pájení vlnou [26]

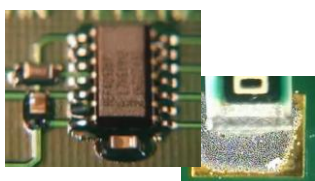
Pájení přetavením (reflow sold.) se používá zejména k pájení součástek uchycených metodou SMT (surface mounted technology - montáž na povrch). [23]



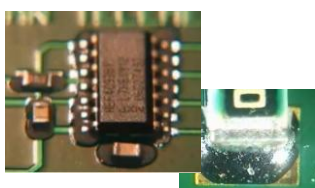
1) Nanesení tavidla ve formě pasty na styková místa budoucích spojů



2) Přiložení součásti k pájení na styková místa pokrytá tavidlem (dojde k částečnému přilepení součástky)



3) Vložení výrobku s osazenými součástkami do speciální pece



4) Finální podoba spojení součástí s el. drahami po teplotním procesu

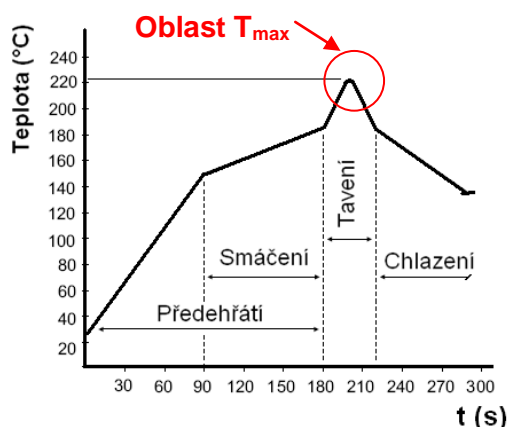
Obr. 61 Popis procesu pájení přetavením (Reflow Soldering) [24]

Princip této metody spočívá v nanesení tavné pasty stykové plochy, přiložením součástky k připájení na tavnou pastu a následným přetavením celé součásti ve speciální peci. Stručný popis této technologie je na obr. 61. [24]

Dále existují různé kombinace výše uvedených technologií strojního pájení. Tato problematika je však nad rámec tohoto projektu, tudíž nebude popisována.

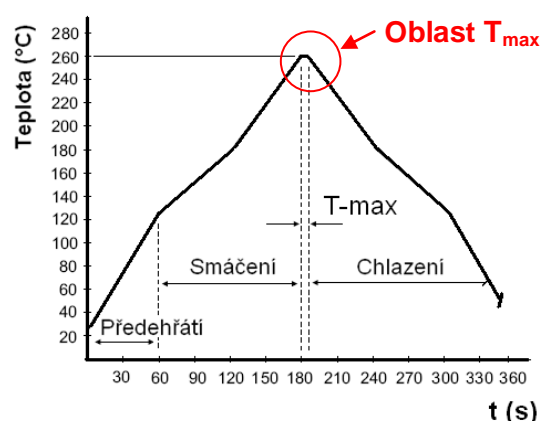
Maximální dosahované teploty u technologií pájení

Maximální teploty během procesu pájení jsou velmi důležité vzhledem k teplotní odolnosti matric vyrobených 3D-MID technologií. Z grafu 2 na straně 48 je zřejmé, že materiál Ultradur vykazuje teplotní odolnost a stabilitu do hodnoty 260 °C. Tato teplotní odolnost umožňuje u tohoto materiálu provádět obě strojní technologie pájení. Teplotní profily strojních technologií pro pájení jsou uvedeny na grafu 3 a 4. [25]



$T_{\max} = 210 - 235 \text{ °C}$ u běžných aplikací
 $T_{\max} = 235 - 255 \text{ °C}$ pro bezolovnaté pájky

Graf 3 Teplotní profil procesu pájení přetavením (reflow soldering) [25]



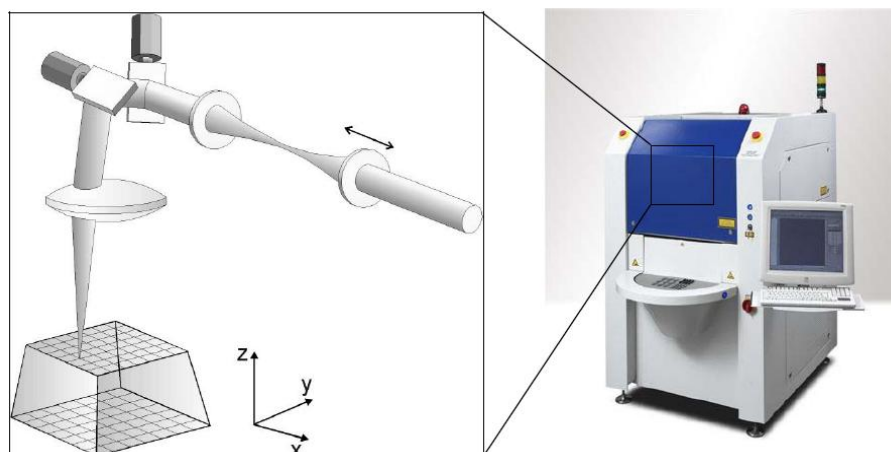
Při pájení vlnou teplota T_{\max} zpravidla nepřekračuje hodnotu 260 °C

Graf 4 Teplotní profil procesu pájení vlnou (wave soldering) [25]

3.4.6 Využití technologie 3D-MID v sériové výrobě

První fází celého výrobního procesu technologie 3D-MID je již popisované vstřikování. Fáze vstřikování a obecně výroba plastových dílů, je však v dnešní době na velmi vysoké technologické úrovni a dosahuje vysoké míry automatizace. Jelikož je tento princip výroby všeobecně rozšířený, nebude nyní popisován.

Druhá fáze celého procesu technologie 3D-MID, zahrnuje laserování drah budoucích vodičů a vytváření jejich stop pro následné pokovení. U sériové výroby je možné využívat plně automatická CNC (Computer numeric control) centra využívající takzvanou LDS metodu (Laser direct structuring). [21]



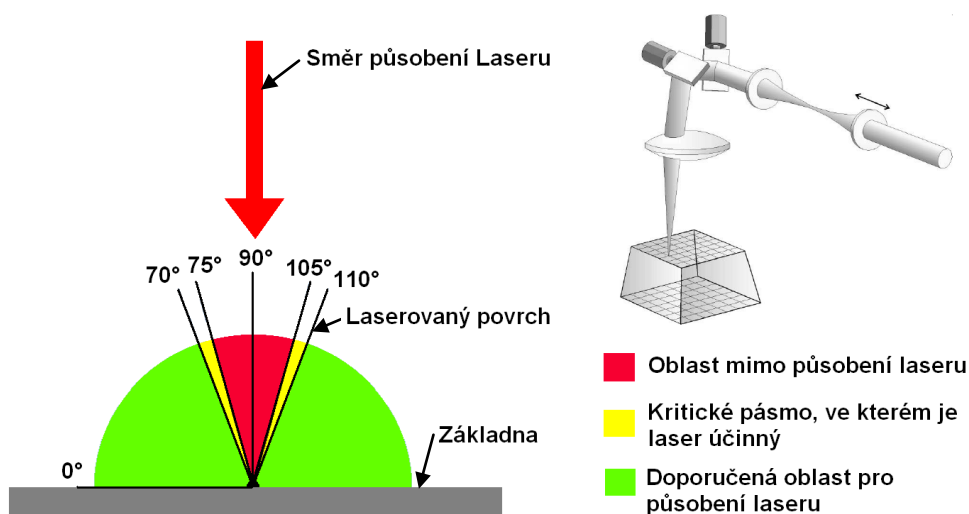
Obr. 62 Detail mechanické hlavy přístroje s třemi optickými osami [21]

Tato metoda umožňuje přímé vytváření stop laserováním s využitím dat z CAD (Computer aided design) systémů. Díky moderním CNC centrům je tato operace dobře automatizovatelná a podoba malé sériové linky na operaci laserování je zobrazena na obr. 63. S využitím CNC center je dosaženo vysoké přesnosti a je možné vytvářet velmi přesné struktury s šířkou el. drah i pod 100um. [21]

Z procesního hlediska je však vhodné výrobky pro sériovou výrobu konstrukčně navrhovat tak, aby bylo možné vytvoření požadovaných drah laserováním v jedné operaci. Z principu metody je zřejmé, že laser má omezený směr působení, při stálé poloze laserovaného polotovaru. Tato problematika je popsána a znázorněna na obr 64. [21]



Obr. 63 [21]



Obr. 64 Oblast působení Laseru [21]

Toto omezení je však pouze z hlediska časové náročnosti celé operace. Z technického hlediska zde omezení v tvarové náročnosti laserovaných povrchů není. Při nedodržení popisovaného úhlu 75° je však v současné době nutné produkt vhodně po-otočit a celou operaci opakovat, což značně prodlužuje celou operaci. [20] [21]

Třetí fází procesu 3D-MID je samotné pokovení elektricky vodivých drah. K tomuto účelu jsou k dispozici plně automatické linky. Jeden cyklus pokovení trvá přibližně tři a půl hodiny, přičemž celý tento proces je plně soběstačný a obsahuje svůj řídicí systém. Při naplnění systému výrobky a vhodné volbě výrobní dávky lze dosahovat krátkých výrobních časů, vše samozřejmě záleží na velikosti součásti a kapacitě konkrétní výrobní linky. Výrobní linka pro pokovování 3D-MID výrobků je pro názornost zobrazena na obrázku 65. [21]

Obr. 65 Plně automatická linka na pokovování výrobků 3D-MID s celkovým objemem lázní 500l a on-line systémem, řídicím probíhající chemické procesy. [21]

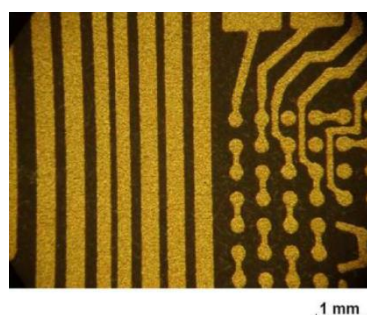


3.4.7 Dosavadní využití technologie 3D-MID

Do současné doby se tato technologie využívala zejména u výroby drobné elektroniky s nízkým proudovým zatížením. Technologie 3D-MID našla uplatnění například u výroby součástí antén mobilních telefonů, PDA a MDA zařízení. V této oblasti technologie těží zejména ze své menší procesní náročnosti ve srovnání s PCB technologiemi, designové volnosti (možnost vytvářet 3D-tvary) a vysokého stupně minimalizace. Tyto součásti antén jsou pro názornost zobrazeny na obr.66. [20]

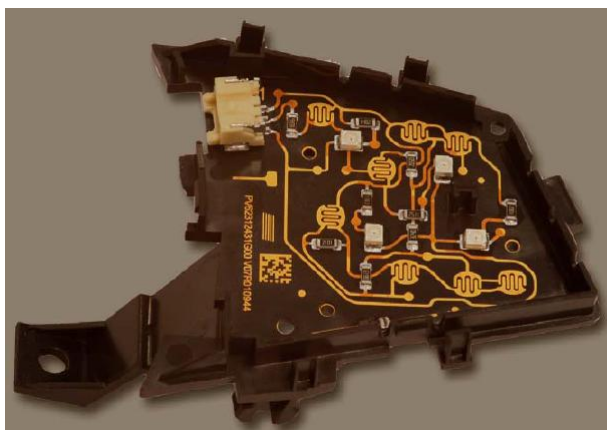


Obr. 66 Díl antény mobilního telefonu [20]



Obr. 67 Ukázka minimalizace v poli s měřítkem 1mm [20]

V oblasti automotive se tato technologie využívá zejména u výroby ovládacích prvků elektroniky, jako jsou například ovládací prvky na volantech automobilů, ovládání sedadel a ovládání dveřních funkcí. V této oblasti se technologie 3D-MID i nadále vyvíjí a lze předpokládat její rozšíření do dalších elektrických systémů. Na obrázku 68, je zobrazena ovládací soustava elektroniky, umístěná na volantu automobilu. [20] [21]



Obr. 68 Ovládací prvky na volantu automobilu [20] [21]

3.4.8 Vhodnost technologie 3D-MID pro oblast automobilových zámků a možnosti plnění jednotlivých požadavků v této oblasti

Technologie 3D-MID se v současné době v oblasti automobilových zámků nevyužívá a s její aplikací doposud nejsou žádné zkušenosti. Jedná se však o novou technologii, která využívá základních principů technologie PCB, oproti které má mnoho výhod. Jelikož se technologie PCB u automobilových zámků do jisté míry využívá, lze v této oblasti předpokládat i využití technologie 3D-MID. Nyní budou zhodnoceny možnosti plnění jednotlivých požadavků pro oblast automobilových zámků a jejich el. vybavení.

Nejprve se zaměříme na požadavek odolnosti zámků vůči klimatickým podmínkám a teplotnímu rozmezí od $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$ do $+85\text{ }^{\circ}\text{C}$. Ve splnění tohoto požadavku vzhledem k funkčnosti zámků, nemá tato technologie ze své podstaty žádný problém. Komplikace však nastávají se splněním požadavku úplného krytí IP6K7 (vodotěsnost a prachotěsnost). Výrobky 3D-MID mohou být pro tento účel lakovány a tím je možné do jisté míry požadavek krytí splnit. U technologie 3D-MID lze předpokládat el. vodivé dráhy umístěné na povrchu výrobků a krycí lak by se tedy mohl během výrobního procesu a montáže zámku poškodit. Také zůstává otázkou, do jaké míry je technologie lakování schopna tuto normu splnit a obstát při jejím testování, jelikož se v praxi neosvědčila například vzhledem k nedostatečné chemické odolnosti. Existují však i další možnosti zakrytí drah 3D-MID, mezi které patří například možnost zakrytí el.vybavení zámku do utěsněného pouzdra. Tímto řešením však technologie 3D-MID ztrácí na svých přednostech a při zakrytí do utěsněných pouzder by bylo zapotřebí dodatečných plastových dílů, bez využití základního obstříku technologie 3D-MID. Další možností je zakrývání el. vodivých drah a jejich součástí dodatečným materiálem, přičemž tato problematika byla přiblížena v kapitole vodičů STG. Se společností Basf byla diskutována i možnost dodatečného obstříku plastem. Vzhledem k teplotní odolnosti výrobků 3D-MID je tato možnost realizovatelná, avšak tento způsob je považován za neefektivní a nutnost dalšího obstříku by celou technologii výrazně prodražil a znevýhodnil. Vše ale záleží na konkrétní konstrukci zámku a konkrétním použití 3D-MID technologie. V oblasti splnění

požadavku IP6K7 jsou tedy za schůdná řešení považovány možnosti zakrývání el. vodivých drah dodatečným materiálem a lakování.

V oblasti chemické odolnosti u technologie 3D-MID vše záleží na volbě matrice polymerního materiálu a lze předpokládat splnění všech základních požadavků chemické odolnosti pro tuto oblast.

Vzhledem ke konstrukčním požadavkům má tato technologie mnoho výhod, přičemž hlavní z nich je možnost vytvářet prostorové elektricky vodivé dráhy a využívat základní plastové matrice ke konstrukčním účelům. Mezi další silné stránky můžeme zařadit i mechanické vlastnosti používaných plastů, plněných vláken. Další předností je zajisté i možnost dosahovat nízkých hmotností výrobků.

Nyní přejdeme čistě k požadavkům na elektrické soustavy zámků. Zde má tato technologie jednu ze svých největších nevýhod, ve srovnání s ostatními. Jelikož je tato technologie zaměřená spíše na drobnou elektroniku s co největším využitím minimalizace el. soustav, dostáváme se zde do problémů s vytvářením vodičů pro výkonové přenosy. V tomto ohledu je sice technologicky možné vytvářet širší dráhy a nanášet vyšší vrstvy Cu při pokovení (například dodatečnou galvanizací jednotlivých drah), přesto zde nastává další významný problém. Tím je procesní a časová náročnost operace laserování u širších drah. Stopa laseru má v současné podobě plochu působení 20-50 μ m a jelikož se touto plochou musí upravit celá plocha stopy vodiče, vzniká zde vysoká časová náročnost operace. Z tohoto ohledu vyplívají v oblasti elektrických požadavků i další problémy. Jedná se zejména o splnění požadovaného proudového zatížení o hodnotě 10A a přepálení předřazené pojistky bez poškození vodivých drah při proudu 20A. V současné době se však na vývoji laseru s větší plochou působení pracuje, tudíž v této oblasti lze předpokládat jistou míru zlepšení. Přesto je tato technologie v současné podobě vhodná zejména pro signálové přenosy s nízkým proudovým zatížením.

Možnosti napojování el. součástek na vodiče vytvořené technologií 3D-MID, jsou v této kapitole podrobně popsány. Jedná se zejména o procesy pájení a tyto technologie jsou v dnešní době na dostatečné úrovni, vzhledem k automatizaci výrobního procesu. Za významný nedostatek je zde považována omezená možnost vytvářet spojení konektorového typu. Tato možnost by byla splnitelná například vytvářením redukčních konektorů připájených k el. drahám, nebo

připájením hotových konektorových terminálů. Tyto způsoby jsou však relativně komplikované, ve srovnání například s možnostmi STG vodičů.

Mezi další nevýhody můžeme zařadit také nutnost vyšších počátečních nákladů (CNC laser, linky pro pokovení/případně export těchto procesů, vstřikovací lisy atd.) a vyšší cenu vstřikovaných plastů, použitelných v této technologii. Za poslední nevýhodu této technologie lze považovat i její technologickou náročnost.

Vše však záleží na vhodné aplikaci této technologie a osobně vidím v oblasti zámků pro technologii 3D-MID jistý potenciál. Předpoklady pro využití jsou v oblasti signálových přenosů a drobné elektroniky, například v bezklíčových klikových systémech, které bohužel nejsou předmětem této práce.

3.5 Elektricky vodivé plasty

Elektricky vodivé plasty, případně elektricky vodivé materiály vhodné pro vstřikování, jsou ze všech popisovaných technologií výroby elektrických vodičů nejmladší. Tato technologie byla představena přibližně před pěti lety a v současné době se nachází na velice dobré úrovni, přičemž se neustále vyvíjí. Využití těchto materiálů a jejich zpracování vstřikováním má obecně velký potenciál a lze předpokládat, že elektricky vodivé plasty si postupně najdou uplatnění v mnoha různých oblastech elektroniky.

Polymery jsou obecně považovány za typické izolační materiály, díky své nízké elektrické a tepelné vodivosti. Tyto materiály jsou také velmi dobře technologicky zpracovatelné a mají mnoho výhod, zejména vzhledem k nízké ceně a procesní charakteristice výroby u velkých sérií. Značnou výhodou je také v mnoha ohledech i nízká hmotnost polymerních výrobků, široké spektrum nabízených materiálů a v neposlední řadě i tvarová volnost v jejich konstrukci. Mezi další výhody polymerních materiálů patří také dosažitelné mechanické vlastnosti, zejména u konstrukčních plastů plněných vlákny a jejich chemická odolnost. Všechny tyto faktory vedly k vývoji elektricky vodivých materiálů, vhodných pro technologie vstřikování s účelem využít co nejvíce těchto výhod na poli elektroniky. [26]

Nejprve vznikaly částečně vodivé polymerní materiály, které se úspěšně začaly využívat v antistatických aplikacích a u výrobků vyžadujících

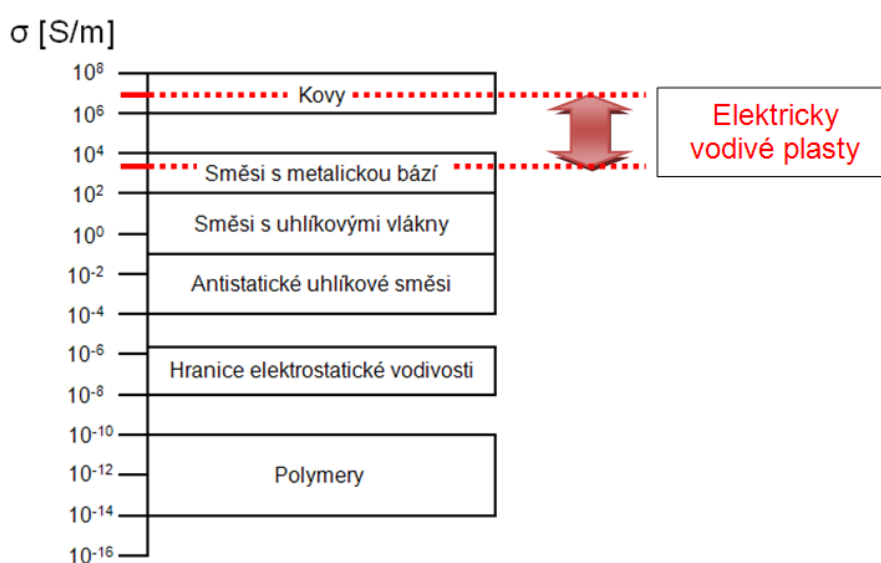
elektromagnetické krytí. Tyto polymery však neměly dostatečnou elektrickou vodivost (konduktivitu) pro běžné aplikace v elektronice. [26]

Další vývoj se zaměřil na vytvoření materiálů vhodných ke vstřikování s dostatečnou elektrickou vodivostí. V současné době již tyto materiály existují a dosahují vysokých hodnot elektrické konduktivity, která je srovnatelná s konduktivitou kovů. Tyto materiály obsahují přibližně 15 hm.% (hmotnostních procent) polymerní matrice, která tvoří přes 50% celkového objemu. Dále obsahují 85 hm.% příměsí, včetně metalické báze a tyto materiály budou dále označovány jako vodivé plasty. [26]

Z hlediska využití vodivých plastů v praxi je nejdůležitější otázkou míra jejich el. vodivosti a obecné nároky na jejich zpracování vstřikováním, včetně možných úskalí. Jelikož v této oblasti není dostatek praktických zkušeností, bude se tato práce těmito otázkami detailně zabývat alespoň na teoretické úrovni.

3.5.1 Konduktivita vodivých plastů

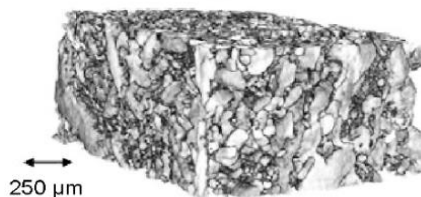
Elektrickou vodivost materiálu charakterizuje již zmíněná konduktivita látky (σ), která vyjadřuje schopnost materiálu vézt el. proud. Čím je tato hodnota vyšší, tím lépe materiál el. proud vede. Konduktivita vodivých plastů se v současnosti pohybuje přibližně okolo hodnot $\sigma = 10^5 \text{ S/m}$. Srovnání konduktivity u vybraných materiálů, včetně vodivých plastů, je znázorněno v obrázku 69. [26]



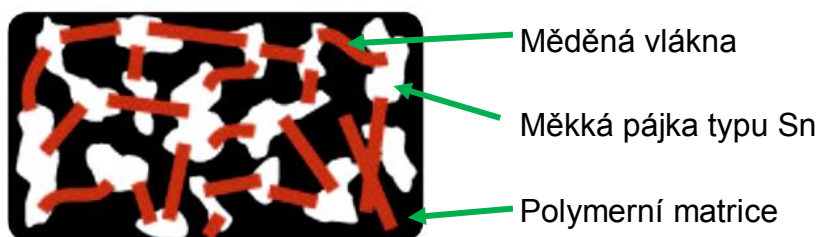
Obr. 69 – Elektrická konduktivita vybraných materiálů [26]

3.5.2 Princip elektrické vodivosti u vodivých plastů

Jak bylo již zmíněno, vodivé plasty obsahují polymerní matici a příměsi zaručující el. vodivost materiálu. Tyto příměsi se skládají zejména z metalické části v podobě vláken mědi (cca 55hm.%) a měkké pájky na bázi cínu (cca 30hm.%). Tato struktura v polymerní matici vytváří elektricky vodivé 3D sítě, což umožňuje zejména měkká pájka a její dobrá afinita k měděným vláknům. Takto vytvořená elektricky vodivá síť je znázorněna na obrázku 71. Oproti materiálům obsahujícím pouze měděná vlákna se také s využitím pájek výrazně zkracují vzdálenosti mezi jednotlivými měděnými vlákny. Tímto principem je možno dosahovat vysokých hodnot elektrické vodivosti, dostatečných pro většinu aplikací v oblasti elektroniky. [26]

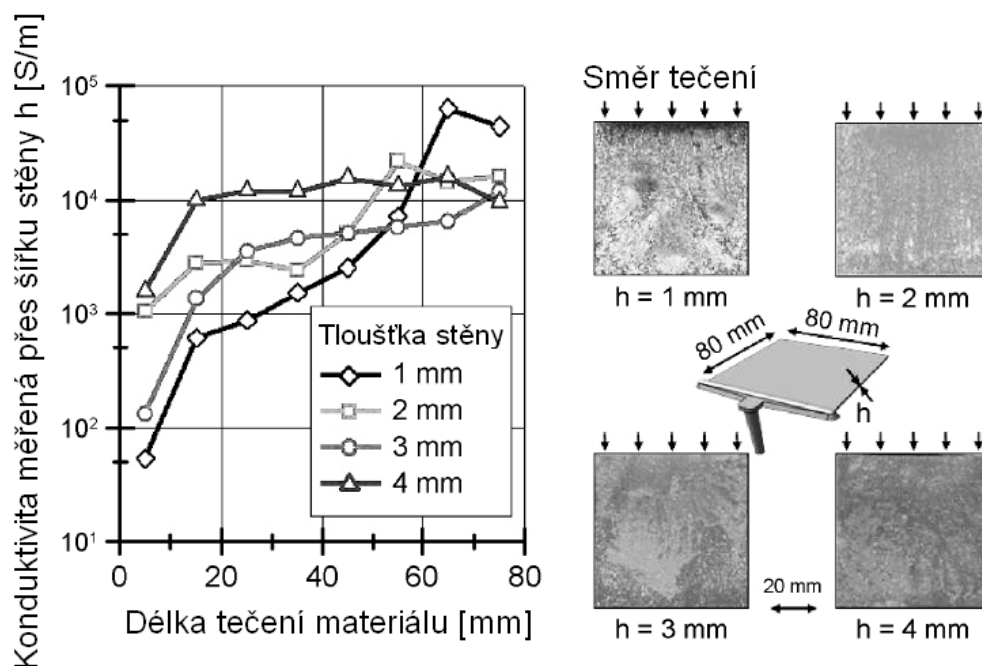


Obr. 70 CT materiálu [26]
(CT=Computed tomography)



Obr. 71 3D síť vodivých plastů [27]

Problém však nastává s homogenitou těchto materiálů po procesu vstřikování, což je hlavním důvodem rozdílnosti hodnot konduktivity v různých částech materiálu. Příčinou tohoto problému je takzvaný efekt povrchové vrstvy, která v místě styku s formou zatuhne a tečení se uskutečňuje v podobě laminárního proudění uvnitř materiálu. Z tohoto důvodu obsahují povrchové vrstvy zpravidla menší množství měděných vláken, což způsobuje jejich nižší konduktivitu. Tento děj však velice záleží na vstřikovacích podmínkách, materiálu polymerní matrice, tvaru výrobku a odladění celého vstřikovacího procesu. Závislost elektrické vodivosti, měřené v šířce testovaného vzorku a geometrie tvaru součásti je znázorněna na grafu 5. Z tohoto grafu je také patrný vztah el. vodivosti materiálu, vzhledem k vzdálenosti od ústí vtoku materiálu. Tento vztah je způsobený zejména snižující se rychlostí tečení materiálu a jeho zvyšující se hustotou, což do jisté míry snižuje efekt povrchové vrstvy. [26]



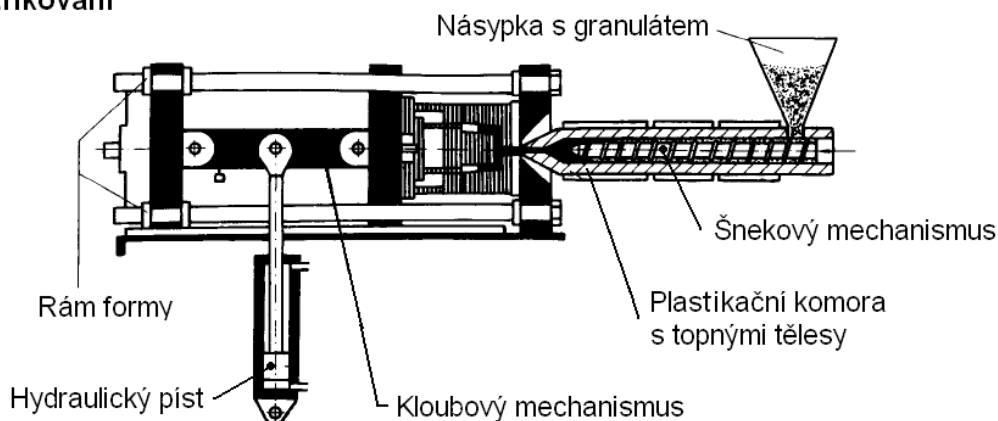
Graf 5 Vliv geometrie a šířky stěny výstřiku na hodnotu konduktivity, měřené v tloušťce stěny h [26]

3.5.3 Technologie vstřikování

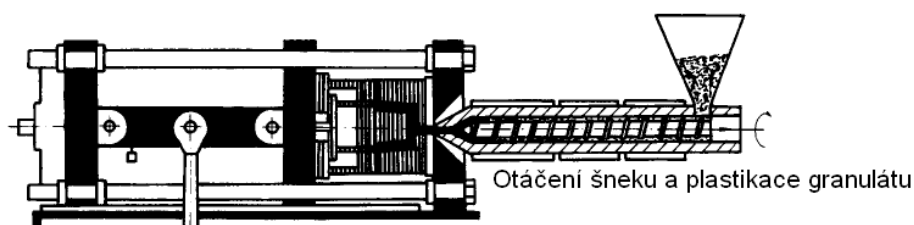
Tato technologie je určena pro tváření polymerních materiálů a základním principem této metody je vstřikování taveniny polymeru do uzavřené tvarovací dutiny, neboli vstřikovací formy. Technologický proces vstřikování není kontinuální a cyklicky se opakuje, přičemž každý výrobní cyklus lze rozdělit na několik následujících fází a úseků. Výrobní cyklus je znázorněn na obr.72. [28]

- 1) Uzavírání formy a vyvolání uzavírací síly
- 2) Přijezd vstřikovací jednotky k formě a vyvolání přitlaku
- 3) Vstřikovací fáze - obsahuje plnění formy
- 4) Přejod ze vstřikovacího tlaku na dotlak
- 5) Dotlaková fáze
- 6) Fáze chlazení výstřiku ve formě, plastikace a homogenizace materiálu (tvorba a dávkování taveniny před čelo šneku)
- 7) Odjezd vstřikovací jednotky od formy
- 8) Otevření formy
- 9) Vyhození nebo vyjmutí výstřiku z formy

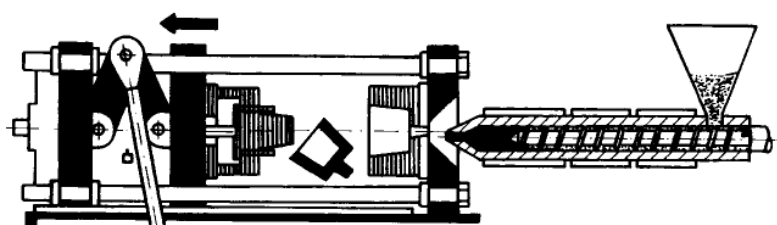
1) Vstřikování



2) Dotlak, chlazení výstřiku, plastikace



3) Otevření formy a vyhození výstřiku



Obr. 72 Výrobní cyklus vstřikovacího procesu [29]

3.5.3.1 Popis vybraných pojmů v oblasti vstřikování [28] [29]

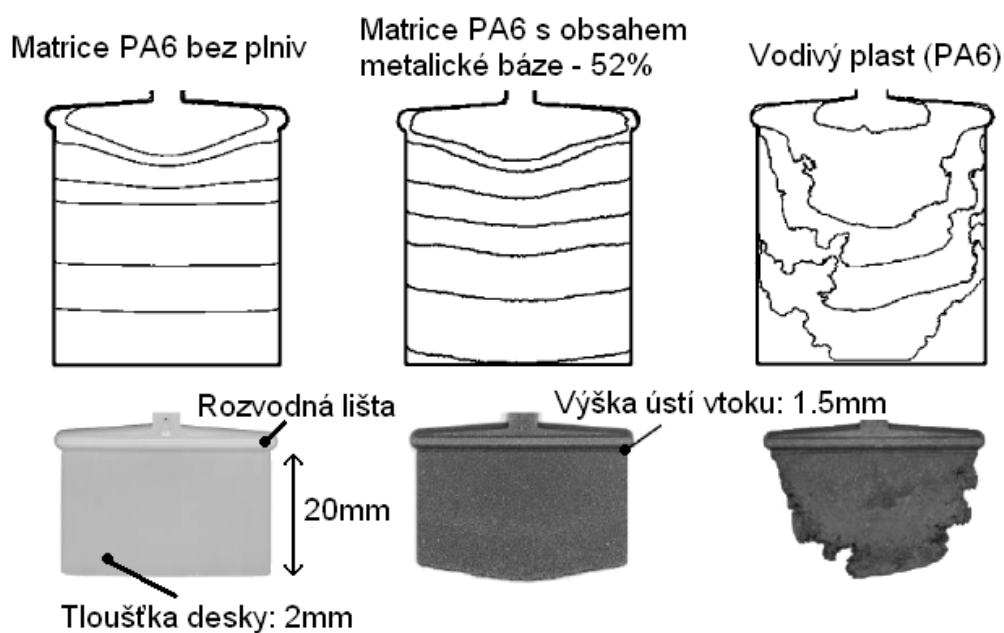
- **Vstřikovací rychlost** – rychlost proudění taveniny vstřikovaného materiálu do tvarové dutiny formy [objem/čas]
- **Vstřikovací tlak** – tlak vyvozený čelem šneku/pístu na vstřikovanou taveninu, neboli vstřikovací síla vztažená na jednotku plochy čela vstřikovacího šneku [Pa]

- **Tvářecí tlak** – *tlak působící v dutině formy, který je vždy nižší než vstřikovací tlak (vlivem ztrát dojde ve formě ke snížení původního vstřikovacího tlaku cca 20%, dle složitosti formy) [Pa]*
- **Dotlak** – *tlak vyvozený čelem šneku/pístu působící na materiál po zaplnění formy a dokončení vstřikovací fáze, je obvykle nižší než tlak vstřikovací [Pa]*
- **Přidržovací síla** – *síla vyvozená k dostatečnému sevření formy během procesu vstřikování [N]*
- **Granulát** – *forma polotovaru vstřikovaného materiálu*
- **Plastikace** – *proces, při kterém dochází ke tvorbě taveniny z granulátu a k jeho homogenizaci*
- **Navlhavost/nasákavost** – *vlastnost materiálu přijímat vodu z okolního prostředí, Navlhavost – příjem vody z vlhkosti ovzduší, Nasákavost – příjem vody z vodního prostředí*
- **Zabíhavost** – *Míra schopnosti materiálu vyplňovat tvarové dutiny při fázi vstřikování*
- **Smrštění materiálu** – *jedná se o tepelnou kontrakci materiálů po procesu vstřikování, způsobeném teplotními změnami a procesy probíhajícími uvnitř materiálu*
- **Základní vstřikovací parametry** – *teplota taveniny, vstřikovací tlak, vstřikovací rychlost, teplota formy*

3.5.4 Zabíhavost vodivých plastů a možnost tvorby elektrických vodičů

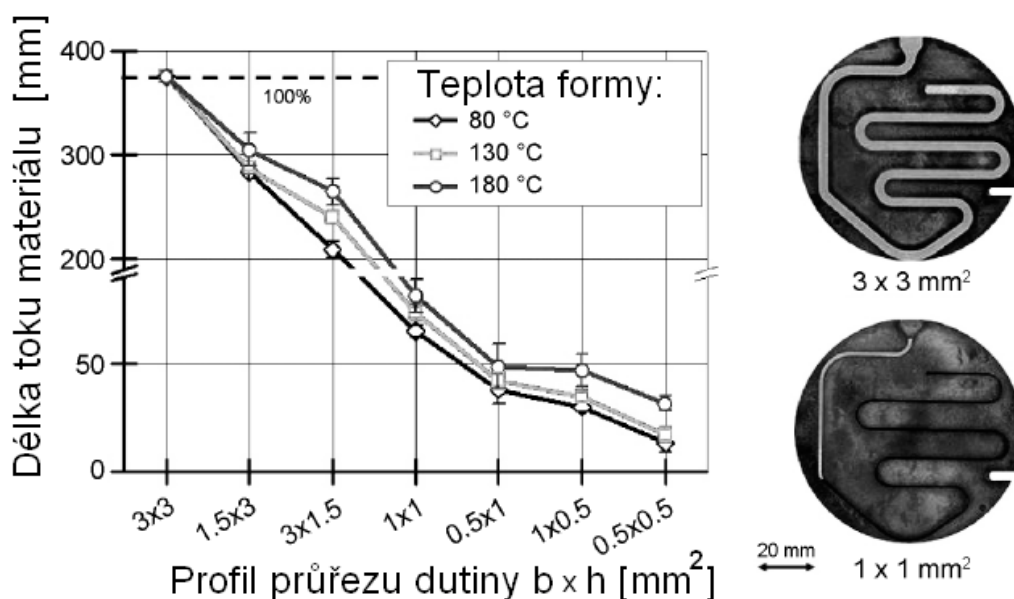
Vlivem chemického složení vodivých plastů a jejich vysokého podílu metalických plniv (až 85 hm.% materiálu), se chování těchto materiálů značně odlišuje ve srovnání s běžně používanými termoplasty. Tato skutečnost je způsobena zejména vysokým obsahem měděných vláken a pájky na bázi cínu. Na obrázku 73 jsou znázorněny zkoušky zabíhavosti u vybraných materiálů. Základní matrice termoplastů bez obsahu plniv vykazují ve srovnání s vodivými plasty velmi dobrou zabíhavost a mají typické viskoelastické chování. Dále je na obrázku 73 zobrazena zabíhavost stejné matrice s obsahem 52% měděných vláken, která již vykazuje značně horší zabíhavost. Nejhorší zabíhavost ovšem

vykazují vodivé plasty. Tato skutečnost je způsobena zejména prudkým tepelným gradientem při vstřikování do formy, v souvislosti se zvýšenou tepelnou vodivostí těchto materiálů. Zvýšená tepelná vodivost má také za následek vyšší riziko předčasného zamrznutí vstřikované taveniny. Významný vliv na zabíhavost má i tranzitní chování pájek. [26]



Obr. 73 Zabíhavost vybraných materiálů [26]

Z hlediska zabíhavosti vodivých plastů je nutné si stanovit možnosti této technologie vytvářet elektrické vodiče. K tomuto účelu byly provedeny patřičné testy těchto materiálů a tato schopnost je znázorněna na grafu 6. [26]



Graf 6 Schopnost vodivých plastů vytvářet elektrické vodiče [26]

V grafu je vyjádřena závislost průřezu dutiny na maximální délce toku materiálu. Tyto závislosti jsou navíc v grafu uvedeny za různých podmínek teploty vstřikovací formy. Na základě informací z grafu lze předpokládat, že při průřezu budoucího vodiče o velikosti 1mm^2 je možné vytvářet délky drah přibližně 10 cm. Vzhledem k malému průřezu je tato vzdálenost považována za dostatečnou pro většinu aplikací v drobné elektronice. S vyššími průřezy vytvářených el. drah, je tato technologie schopná dosahovat relativně vysokých vzdáleností. Například při průřezu o hodnotě 9mm^2 je možné vytvářet délky dosahující až 40cm. [26]

3.5.5 Používané materiály polymerní matrice u vodivých plastů

V oblasti vývoje nových variant vodivých plastů existuje mnoho možných směrů a využitelných materiálů. Princip el. vodivosti již byl popsán, stejně jako možná úskalí zpracování těchto materiálů vstřikováním. Tyto materiály však mohou být upravovány pro konkrétní aplikace, zejména s využitím různých polymerních matric a změnami poměrového složení celé směsi. [26]

V současné době se pro elektricky vodivé plasty využívají polymerní matrice typu PPS (polyphenylene sulfide), PA6 (polyamid), a PE (polyetylen), což ovlivňuje fyzikální hodnoty výsledného materiálu a jeho chování při vstřikování. Struktury vodivých plastů s různými typy polymerních matric jsou zobrazeny na obrázku 74. [26]

Polyamid 6 (PA6-HV)
s vysokou viskozitou



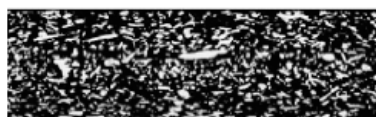
Teplota tavení: $T_g = 219\text{ }^\circ\text{C}$

Polyphenylen sulfid (PPS)



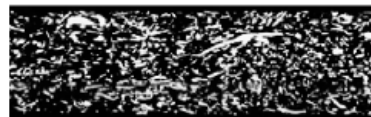
Teplota tavení: $T_g = 280\text{ }^\circ\text{C}$

Polyamid 6 (PA6-LV)
s nízkou viskozitou



Teplota tavení: $T_g = 219\text{ }^\circ\text{C}$

Polyethylen (PE)



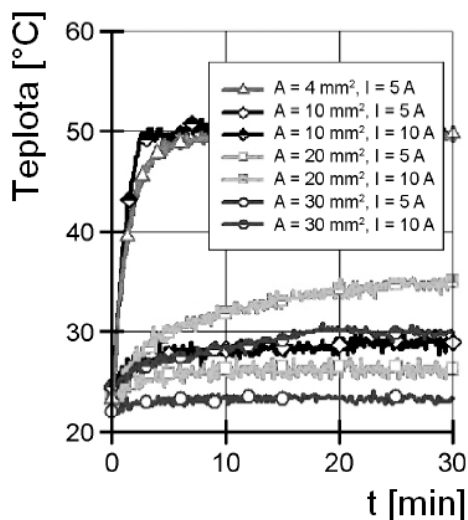
Teplota tavení: $T_g = 110\text{ }^\circ\text{C}$

Obr. 74 Struktura vodivých plastů s různými typy matric [26]

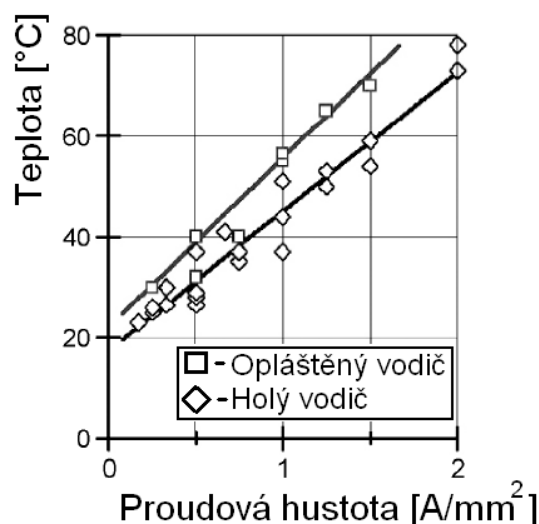
3.5.6 Chování vodivých plastů při proudovém zatížení a za zvýšených teplot

Tato problematika je při využití vodivých materiálů v praxi obecně velmi důležitá a jedná se zejména o chování vodičů za zvýšených teplot, způsobených proudovým zatížením. Na grafu 7 můžeme vidět grafické znázornění závislosti teploty a času, při daném proudovém zatížení a průřezu vodiče. Z tohoto grafu je zřejmé, že při nepřekročení proudové hustoty o hodnotě $1,25 \text{ A/mm}^2$ (poměr pro $A=4 \text{ mm}$, $I=5 \text{ A}$), nedochází k ohřevu nezakrytých vodičů na teploty překračující hranici 55°C . [26]

Při zakrytí vodičů jinými materiály (např. obstříkem vodiče jiným termoplastem), dochází ke zvýšení teplot přibližně o 15%, viz graf 8. [26]

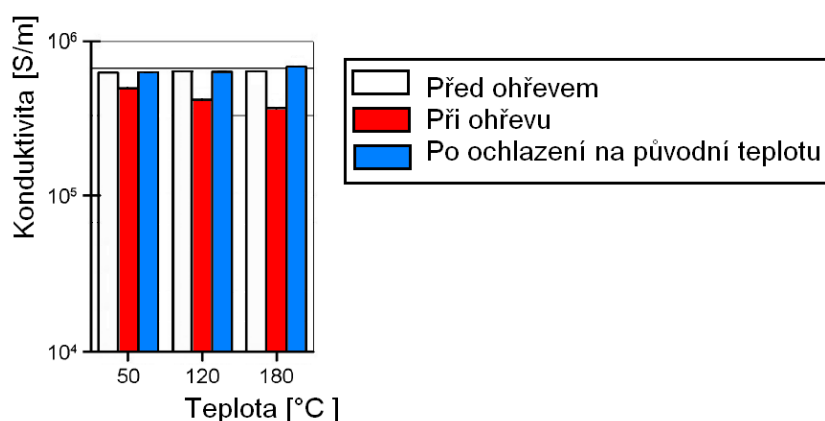


Graf 7 Teplotní závislost na čase při daném průřezu plastového vodiče a proudovém zatížení [26]



Graf 8 Závislost teploty vodiče na proudové hustotě u opláštěných a odkrytých vodičů [26]

Ke zvýšeným provozním teplotám, může také docházet vlivem působení teplot vnějšího prostředí. Na základě provedených testů lze považovat el.vodivost těchto materiálů za stabilní, přibližně do hodnoty 180°C . V tomto ohledu je velmi důležité nepřekročit teplotu tavení konkrétního materiálu. Závislost konduktivity vodivých plastů na teplotě je znázorněna v grafu 9. Z tohoto grafu je také patrné, že při zpětném ochlazení těchto materiálů, dochází k ustálení jejich el. vodivosti na původní hodnoty před ohřevem. [26]



Graf 9 Závislost konduktivity vodivých plastů na teplotě [26]

3.5.7 Využití vodivých plastů v praxi

Jelikož je tato technologie relativně nová, její aplikace v současné době nejsou dostatečně rozšířeny a existuje velice málo informací o jejím využití. V roce 2007 byl však představen projekt s její aplikací na universálním blinkru, obsahujícího LED diody (obr.75), určeném pro karavany a kamionovou dopravu. Tento projekt vyhrál ocenění v SPE Automotive Central Europe-Inovations Awards a představila ho společnost Hella Lighting z Finska, ve spolupráci se společnostmi IKV plastics, Siemens in Erlangen a HEK in Lübeck. [30]



Obr. 75 [27]

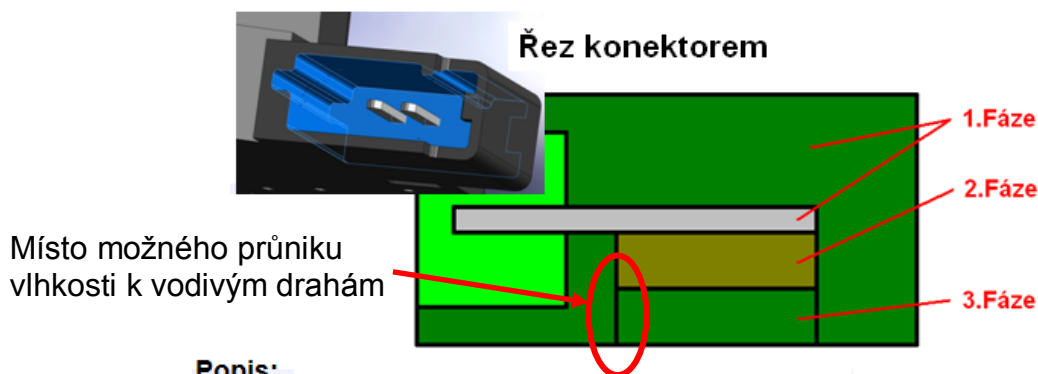
3.5.8 Vhodnost vodivých plastů pro využití u automobilových zámků

Jednou z hlavních nevýhod této technologie je skutečnost, že v současné době není dostatečně využívána v praxi a chybějí tak zkušenosti s jejím využitím ve výrobě. Základní předpoklady pro aplikaci vodivých plastů v automobilových zámcích lze však určit na základě aktuálně dostupných informací, které byly sepsány v této kapitole.

Prvním požadavkem pro oblast zámků je funkčnost těchto výrobků za různých klimatických podmínek. Opět se zde dostáváme k požadovanému teplotnímu rozsahu o hodnotách -40 °C až +85 °C. Vzhledem k fyzikálním vlastnostem těchto materiálů, mají vodivé plasty všechny předpoklady tyto

podmínky splnit. Jejich teplotní odolnost při zachování mechanických a fyzikálních vlastností dosahuje hodnot až $+180\text{ }^{\circ}\text{C}$ a vzhledem k vysokým hodnotám konduktivity a materiálovému složení, lze předpokládat i splnění spodní hranice požadovaného rozsahu. Problém s tímto požadavkem však nastává v případě kompletního obstřiku drah z vodivých plastů jiným materiálem (obr. 76). V této oblasti doposud není k dispozici dostatek informací ohledně chování takto spojených materiálů, vzhledem k rozdílným teplotním objemovým roztažnostem a jejich vzájemné přilnavosti.

Dalším důležitým požadavkem je plnění stupně úplného krytí IP6K7. Za nejvhodnější metodu krytí těchto vodičů považují možnost kompletního obstřiku drah do plastového těla zámku. V této oblasti se však setkáváme s obdobnou problematikou těsnosti systémů, jako u technologie STG. U plastových výrobků, vyráběných na více vstřikovacích operacích, může docházet ke špatné přilnavosti jednotlivých vrstev materiálu a průniku vlhkosti k vodivým drahám. Tato problematika je znázorněna na obrázku 76, společně s možným principem výroby zámků s aplikací vodivých plastů.

**Popis:**

- 1. Fáze** - vstřikování těla celého výrobku se založenými konektorovými piny a vytvoření prostoru pro el. vodivý plast a krycí vrstvu
- 2. Fáze** - vstřikování vrstvy elektricky vodivého plastu do připravených drah
- 3. Fáze** - vstřikování vrstvy krycího plastu do připravených drah

Obr. 76 Schéma možné výroby zámků s vodivými plasty

V případě, kdy není norma úplného krytí vyžadována, je možné vstřikovat samostatné vodiče a dále s nimi pracovat (zakládání do těl zámků, napojování součástek atd.). Tento způsob aplikace však není považován za vhodný vzhledem k procesní náročnosti vstřikování a širokému spektru vyráběných zámků. V tomto případě by bylo nutné vytvářet vstřikovací formy pro každý typ

a tvar vodivých drah. Jelikož je v oblasti výroby zámků obtížná unifikace těchto dílů, pro tyto účely jsou považovány za vhodnější technologie STG a elektrické kabely.

Vyžadovaná chemická odolnost zámků je při aplikaci vodivých plastů splnitelná a při požadavku úplného krytí se tato odolnost vztahuje spíše na obstříkový materiál.

V oblasti konstrukce patří mezi základní požadavky zejména možnost 3D montáže, schopnost vytvářet konektorové spoje, jednoduchá vyrobiteľnost a možnost dosahovat nízkých hmotností výrobků. Všechny tyto požadavky mohou být vodivými plasty do jisté míry splněny. Touto technologií je možné vytvářet 3D vodiče, ale jejich tvarová složitost je vzhledem k principu samotného vstřikování a nutnosti dalších obstrůků částečně omezena. Složitější tvary 3D drah by způsobovaly zejména zvyšování konstrukční složitosti forem (složitost dělicích rovin, využívání složitých mechanizovaných jader atd.) a celou technologii by značně znevýhodňovaly. Proto je nutné vhodně přizpůsobit celou konstrukci zámků již od jejich návrhů s ohledem na aplikaci vodivých plastů. Vodivými plasty je také možné vytvářet konektorové spoje a to zejména díky kompletnímu obstrůku v těle zámku (viz obr.76.). Existuje zde navíc možnost vytvářet celoplastové zámky, bez potřeby kovových konektorových pinů. Tato problematika však zůstává předmětem dalšího vývoje této technologie. Existuje zde i vysoký potenciál dosahovat nízkých hmotností výrobků, vzhledem k materiálovému charakteru vodivých plastů, schopnosti tvorby malých průřezů a aplikaci těchto vodičů přímo do těl zámků. Další možná výhoda této technologie spočívá v možnosti snížení procesní náročnosti celkové výroby a využívání pouze vstřikovacích procesů. Tento potenciál lze však využít pouze za předpokladu vybavení podniku vícekomponentními vstřikovacími lisami, společně s vývojem již zmíněného celoplastového zámku.

V oblasti napojování elektrických součástí na vodivé plasty lze předpokládat převážně obstrůkování kontaktních ploch těchto součástí a tato technologie má i potenciál ve využití natavovaných elektrických spojů, přímo do vodivých plastů. Další možnosti elektrických spojů jsou například i různé varianty konektorových spojení. Všechny tyto způsoby napojování elektrických součástí jsou však opět otázkou dalšího testování a nutného vývoje.

Vzhledem k vodivostním požadavkům a vyžadované teplotní stabilitě obvodů, by neměla tato technologie vykazovat žádné významné nedostatky. Elektricky vodivé plasty je možné díky jejich vysoké konduktivitě a tvarové volnosti využívat jak pro signálové, tak pro výkonové přenosy. V této oblasti lze tedy předpokládat, že při vhodném návrhu těchto drah, nebudou mít vodivé plasty problémy tyto požadavky splňovat.

3.6 Tabulkové srovnání všech uvedených možností

Typ vodivých drah	Výhody	Nevýhody
Elektrické kabely	<ul style="list-style-type: none"> – nízká cena a vstupní investice – jednoduchost technologie – možnost nákupu vodičů v podobě polotovaru – schopnost 3D montáže – splnění vodivostních požadavků a možnost využití drah pro signálové i výkonové přenosy – dobré mechanické vlastnosti a široké spektrum volby typu kabelů – dobrá chemická a teplotní odolnost – široká škála výběru vodičů a široké možnosti aplikace – možnost kabelů s nízkou hmotností – dostupnost konektorů 	<ul style="list-style-type: none"> – náročná montáž – nízká možnost automatizace – nevhodnost pro velké výrobní série – náročnost pájení/tvorby krimpovaných spojů – náročnost tvorby konektorových spojů – omezená možnost minimalizace – nevhodnost pro krátké vzdálenosti – neklesající náklady s růstem vyrobených kusů
PCB obvody (plošné spoje)	<ul style="list-style-type: none"> – nízké výrobní náklady – osvědčená technologie – vysoká míra minimalizace – možnost integrace el. vybavení do desek plošných spojů 	<ul style="list-style-type: none"> – špatná ekologie procesu – problémy s vytvářením konektorových spojů – obtížné plnění stupně krytí IP6K7 – plošné omezení tvaru vyráběné součásti – využití zejména pro signálové přenosy a problémy s plněním vodivostních požadavků – nutnost pájení
FPC obvody (ohybné plošné spoje)	<ul style="list-style-type: none"> – nízké výrobní náklady – osvědčená technologie – schopnost 3D montáže – možnost minimalizace 	<ul style="list-style-type: none"> – špatná ekologie procesu – problémy s vytvářením konektorových spojů – obtížné plnění stupně krytí IP6K7 – využití zejména pro signálové přenosy a problémy s plněním vodivostních požadavků – nutnost pájení

STG vodiče	<ul style="list-style-type: none"> – nízké výrobní náklady se zvyšujícím se počtem kusů – vhodnost pro velké série – bohaté zkušenosti výrobců s využitím STG vodičů u zámků – více způsobů aplikace STG vodičů v zámcích – vysoká pevnost STG drah – schopnost vytvářet konektorové spoje – široké spektrum možností ke splnění stupně krytí IP6K7 – schopnost 3D montáže – možnost odporového svařování při napojování el. součástek, snížení procesní náročnosti vzhledem k procesům pájení a zvýšení ekologie výroby – možnost výběru materiálu STG a jejich povrchové úpravy – dobrá chemická odolnost – teplotní odolnost a teplotní stabilita drah – splnění vodivostních požadavků a možnost využití drah pro signálové i výkonové přenosy – ekologie procesu a možnost recyklace 	<ul style="list-style-type: none"> – procesní náročnost výroby (prostřihové a vstřikovací stroje, obstřikové nástroje atd.) - vyšší počáteční náklady na strojní vybavení – omezené možnosti ohybů drah – konstrukční složitost vstřikovacích forem při obstřiku drah – vznikající odpad při prostřihování STG vodičů z plechu – problémy s dodržáním dostatečné vrstvy povrchových úprav ve střížných plochách STG vodičů
3D-MID	<ul style="list-style-type: none"> – potenciál využití technologie vzhledem ke zkušenostem s PCB a FPC obvody – konstrukční volnost a možnost vytvářet 3D vodiče bez omezení tvarové složitosti – ekologie výrobního procesu – vysoká míra minimalizace – možnost integrace el. vybavení přímo do plastového těla zámku – malá konstrukční složitost vyráběných dílů, snížení počtu dílů v sestavách zámků – dobré mechanické vlastnosti nabízených materiálů pro vstřikování – dobrá chemická odolnost – možnost využití strojního pájení 	<ul style="list-style-type: none"> – minimální zkušenosti s využitím technologie u zámků – obtížné plnění stupně krytí IP6K7 – nutnost dalšího vývoje technologie a konstrukčních úprav současné podoby zámků – využití pouze pro signálové přenosy a problémy se splněním vodivostních požadavků – časová náročnost procesu laserování – problémy s vytvářením konektorových spojů – vyšší počáteční náklady na strojní vybavení vzhledem k současnému stavu (CNC Laser/linky na pokovení), případný export těchto procesů z výrobního podniku – technologická náročnost procesu

Elektricky vodivé plasty	<ul style="list-style-type: none"> – potenciál vytvořit celoplastový zámek=>snížení procesní náročnosti výroby zámků – vysoká míra automatizace a opakovatelnosti vstřikovacích procesů – možnost obstřiku vodičů plastem – schopnost vytvářet konektorové spoje – vysoká hodnota konduktivity – široké spektrum možností napojování el. součástek – potenciál splnění vodivostních požadavků a možnost využití pro signálové i výkonové přenosy – teplotní odolnost materiálu až do hodnot 180 °C – dobrá chemická odolnost – možnost vytvářet vodiče malých průřezů 	<ul style="list-style-type: none"> – málo zkušeností s využitím v praxi – nutnost dalšího vývoje technologie a konstrukčních úprav současné podoby zámků – omezení tvarové složitosti vodičů – možné komplikace s obstřiky a plněním stupně krytí IP6K7 – nutnost výroby na vícekomponentních vstřikovacích strojích – konstrukční složitost forem – výroba zámků na více vstřikovacích operacích – riziko komplikací s chováním materiálů při obstřiku drah
--------------------------	--	--

Tabulka 2. Srovnání všech uvedených možností elektrického propojování

4. ÚVOD DO PRAKTICKÉ ČÁSTI PROJEKTU

Hlavním cílem této části projektu je aplikace elektricky vodivých plastů, na společností zadaném dílci. K tomuto účelu byla poskytnuta malosériová vstřikovací forma včetně kompletní výkresové dokumentace a 3D-modelu.

Společnost se smluvně zavázala k poskytování konzultací během tohoto projektu se dvěma svými zaměstnanci a k zajištění přístupu k potřebným informacím v rámci podniku.

Veškeré konstrukční úpravy v projektu, včetně použité grafiky, byly vytvořeny v programu SolidWorks 2010-2011 se studentskou licenci.

4.1 Zadání

Zadání společnosti zahrnuje:

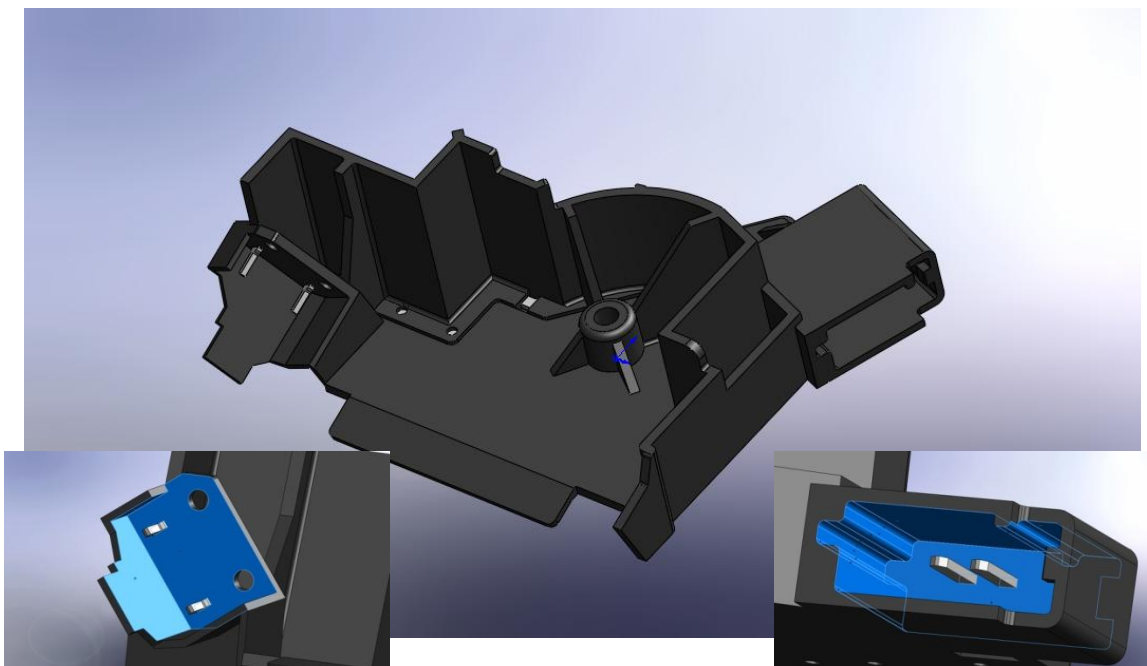
- zadaný díl automobilového zámku
- kompletní dokumentaci k sestavě vstřikovací formy a zadanému dílu, včetně potřebných 3D modelů pro systémy CAD
- 3D model zástavby dílu v sestavě zámku
- informace o vstřikovacím zařízení BABYPLAST

Základní požadavky k projektu:

- návrh prototypové výroby dílce s využitím vodivých plastů, při zachování jeho funkčnosti v sestavě zámku
- předpoklad prototypu splnit požadavek stupně krytí IP6K7
- výroba prototypu v jedné vstřikovací formě
- využití dostupného vybavení podniku
 - jedno-komponentní šnekové vstřikovací lisy
 - nástrojárna s vybavením pro úpravy vstřikovacích forem (elektroerozivní stroje, CNC centra atd.)
 - střížné a ohýbací nástroje
- velikost prototypové série: 50ks

Cíle projektu:

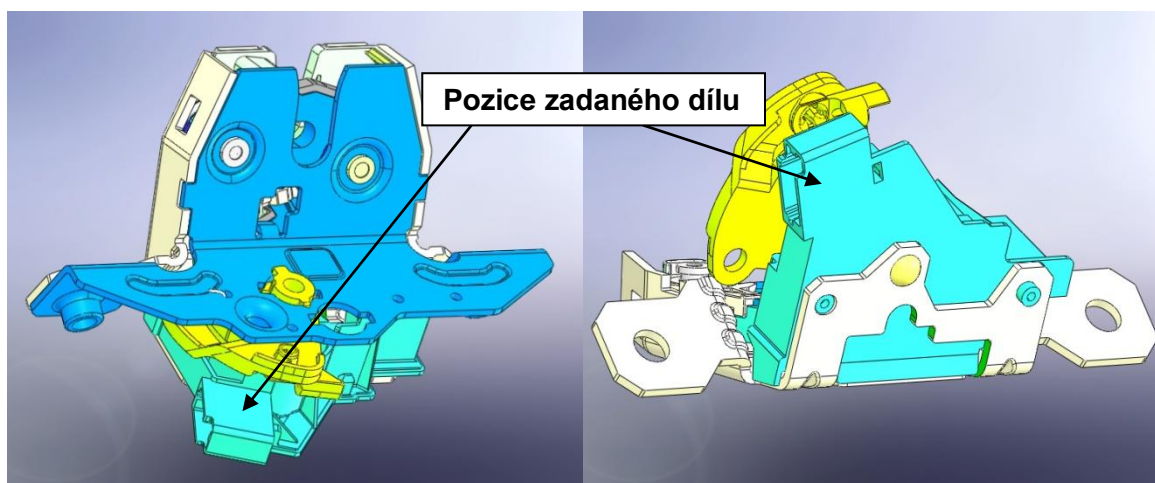
- nahrazení STG vodičů vodivými plasty u zadaného dílu a výroba prototypu
- zjištění možnosti aplikace vodivých plastů u zámků v praxi
- testování prototypu

4.2 Funkce zadaného dílu v sestavě zámku a jeho popis*Obr. 77 Zadaný díl*

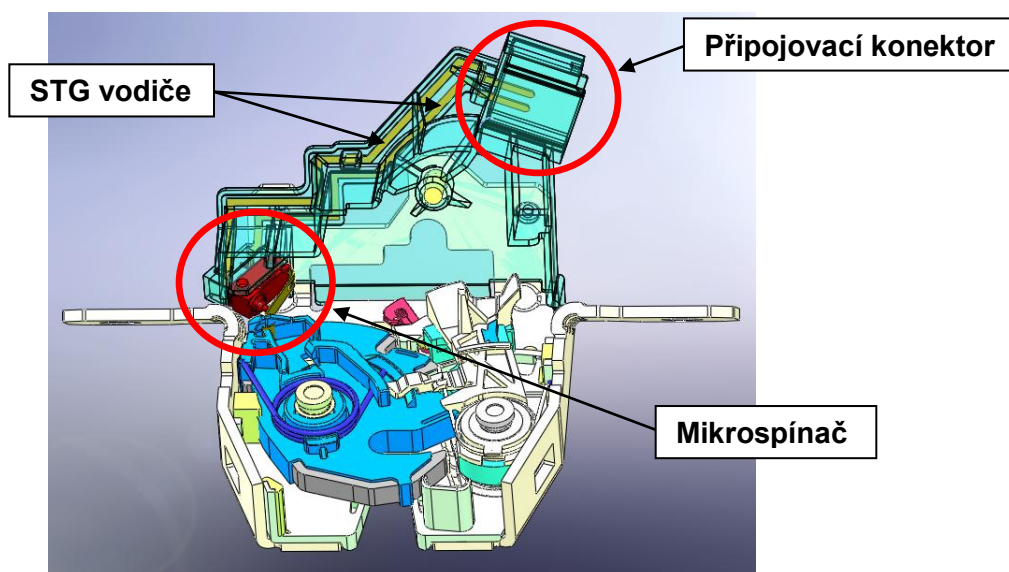
Zadaný díl je součástí sestavy zámku zadní kapoty automobilu a plní následující funkce:

- konstrukční základna pro mikrospínač
- přenos signálu z mikrospínače do elektrické soustavy automobilu
- kryt vnitřních součástí zámku
- konstrukční opora pohyblivých částí zámku

Celková sestava zámku, včetně pozice zadané součásti, je zobrazena na obrázku 78 a 79. Na obrázku 79 je dále označena poloha mikrospínače, vodičů drah a připojovacího konektoru do elektrické soustavy automobilu.

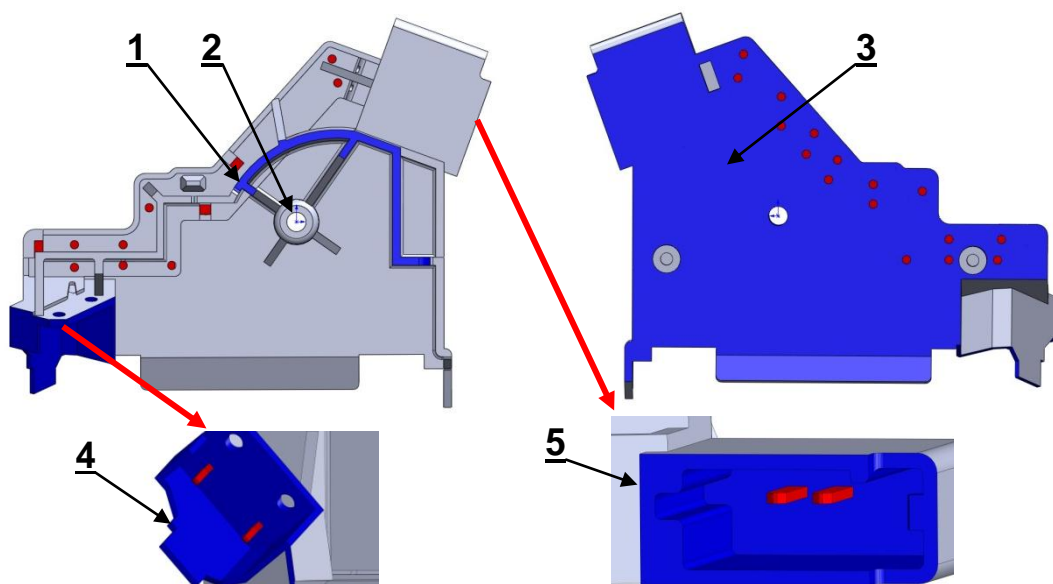


Obr. 78 Sestava zámku

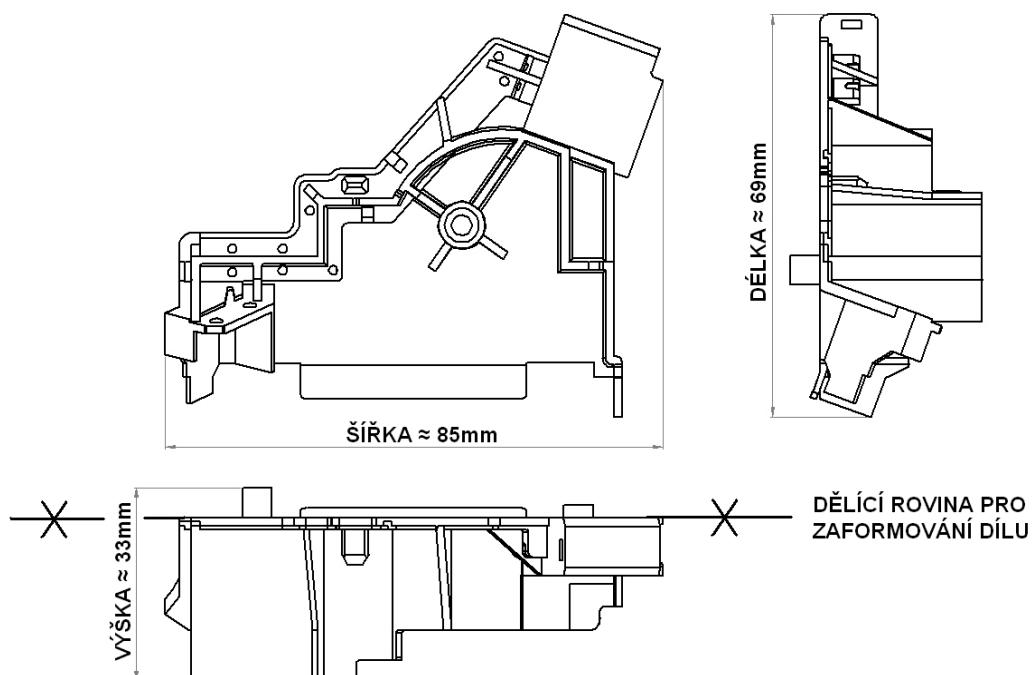


Obr. 79 Sestava zámku

Nezbytným krokem před úpravami konstrukce dílu je určení všech důležitých funkčních ploch, které mají být během navrhování změn v konstrukci zachovány. Výběr z těchto funkčních ploch je zobrazen modrou barvou na obrázku 80. Veškeré změny v konstrukci výrobku musí být navrženy s ohledem na skutečnou podobu vstřikovací formy tak, aby byly realizovatelné v praxi a s cílem zachovat co nejvíce stávajících rozměrů dílu. Na obrázku 81 jsou dále zobrazeny orientační rozměry dílu a poloha roviny pro jeho zaformování.



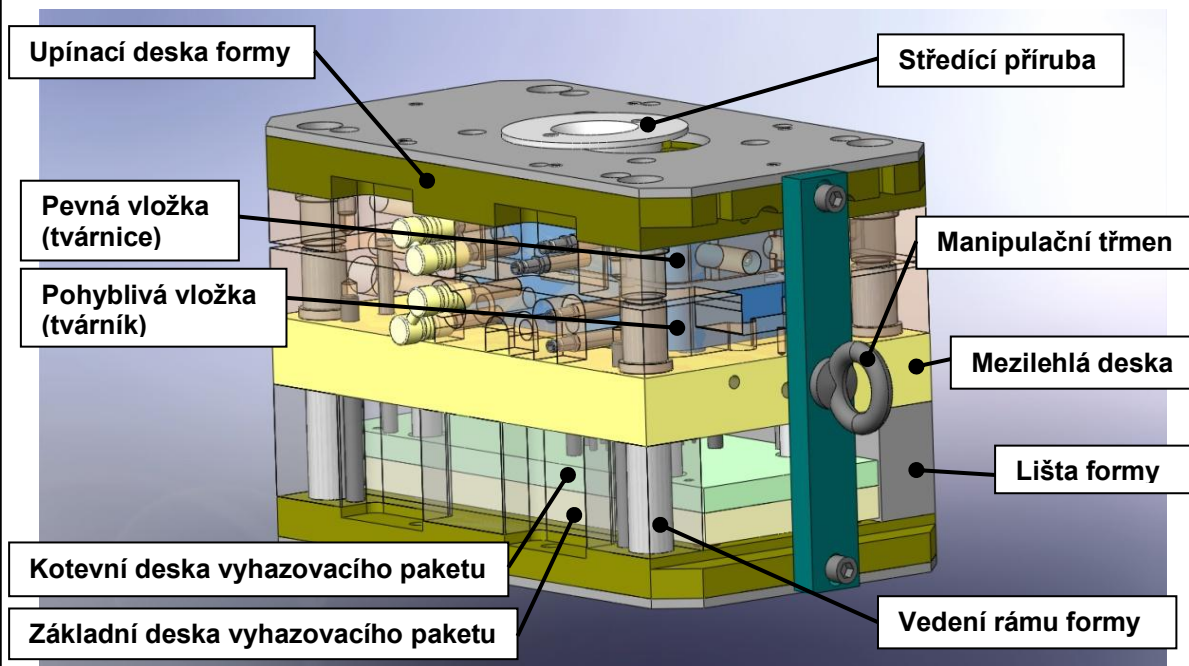
Obr. 80 Výběr funkčních ploch : 1-kluzná plocha v sestavě dílu, 2-mechanická opora čepu v sestavě, 3-montážní základna v sestavě, 4-základna mikrospínače, 5-funkční plochy připojovacího konektoru



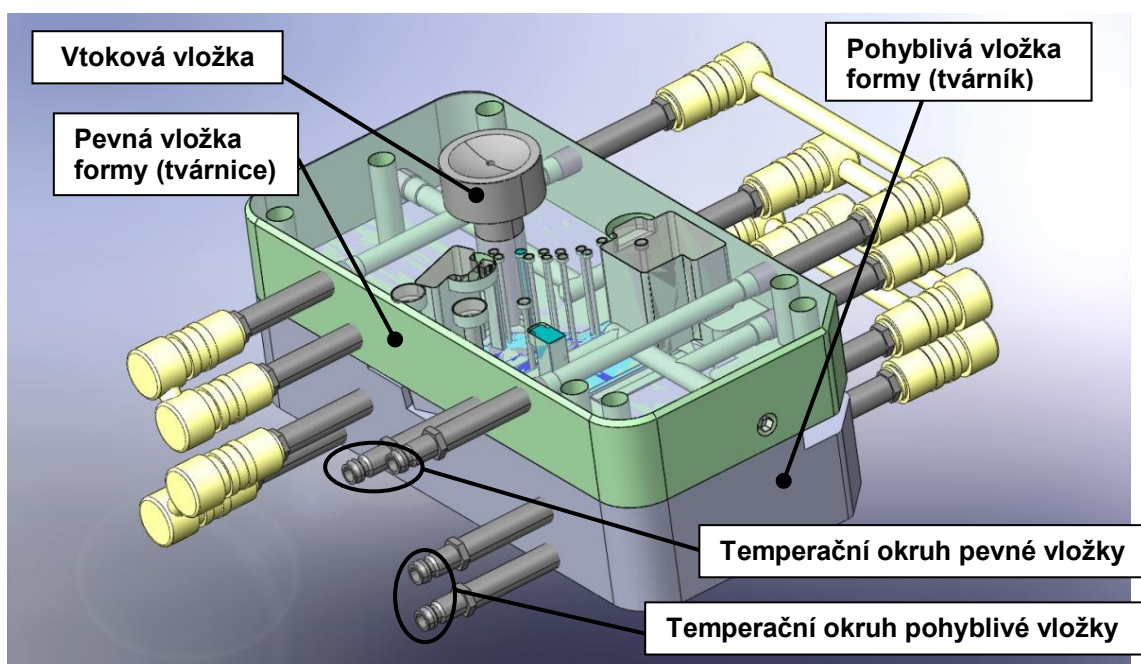
Obr. 81 Orientační rozměry zadaného dílu, poloha dělicí roviny

4.3 Popis původní podoby vstřikovací formy a základních parametrů vstřikovacího stroje

Zadaná vstřikovací forma byla původně vytvořena pro výrobu malé testovací série, před vytvořením velkosériové formy a zavedením velkosériové výroby. Vstřikovací forma je přizpůsobena pro vstřikovací lis ARBURG 420M, který je vybaven jednookruhovým vyhazovacím systémem. Forma obsahuje studený vtokový systém, dva okruhy chlazení a je názorně popsána na obr 82 a 83.

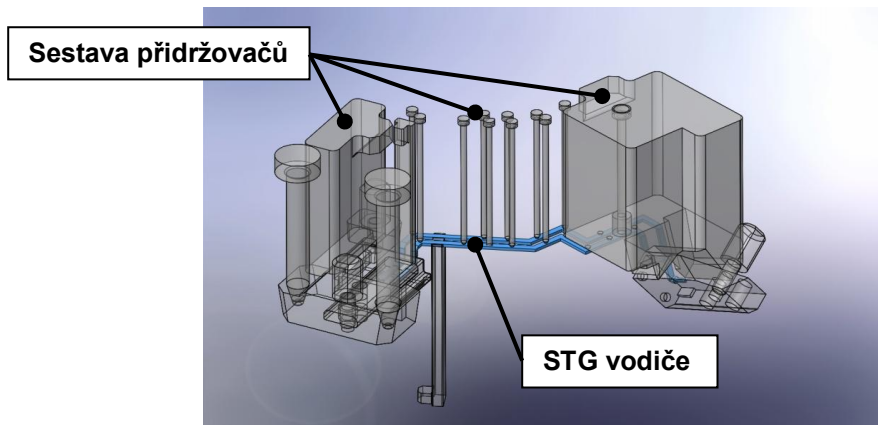


Obr. 82 Popis vstřikovací formy

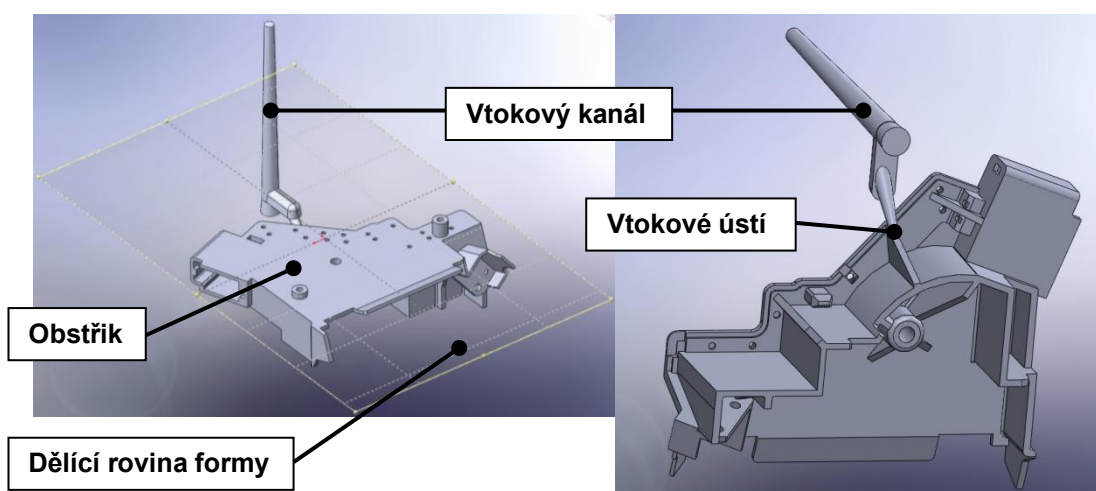


Obr. 83 Popis sestavy vložek formy

Jelikož se jedná o formu sloužící k obstřiku drah STG, tyto dráhy jsou ve formě drženy přídržovači, které jsou znázorněny na obr 84. Soustava studeného vtoku, včetně vtokového ústí, je znázorněna na obr 85.



Obr. 84 Uchycení STG vodičů v sestavě přídržovačů



Obr. 85 Soustava studeného vtoku a obstřík

Tabulka 3 Základní parametry vstřikovacího stroje ARBURG 420M

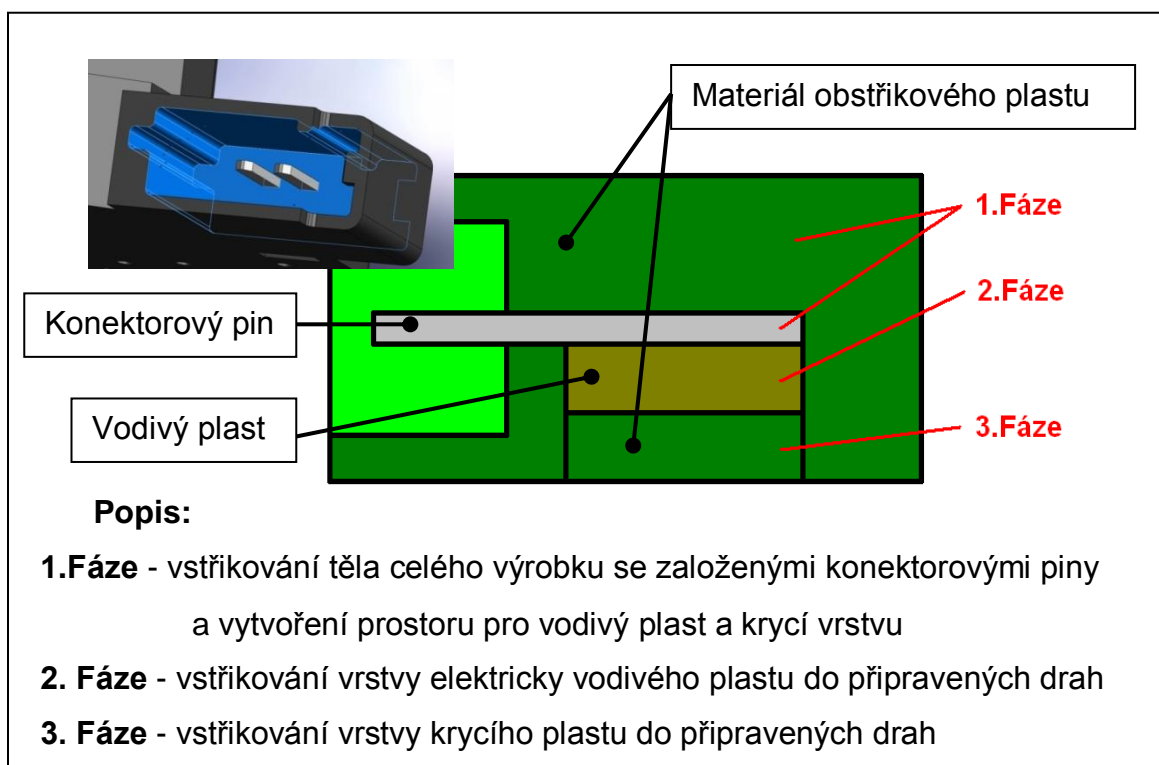
Výrobce stroje:	ARBURG
Označení stroje:	420M 1000-250
Řízení:	Multronica
Výrobní číslo stroje:	-
Tahače jader:	1 okruh
Horké vtoky:	NE
USS:	100 t
Průměr šneku:	30 mm
Min.výška nástroje:	250 mm
Průchodnost mezi sloupy:	420 mm
Maximální dávka:	106 ccm
Optimální dávka od -do:	21-85 ccm
Stř.kroužek:	125 mm

5. APLIKACE EL. VODIVÝCH PLASTŮ NA ZADANÉM DÍLCI A NÁVRH PROTOTYPOVÉ VÝROBY

V této části práce je popsána celková problematika vytváření návrhu prototypové výroby zadaného dílu a jejím výstupem je výkresová dokumentace s návrhy konstrukčních změn vstřikovací formy.

5.1 Návrh principu výroby prototypu s aplikací vodivých plastů

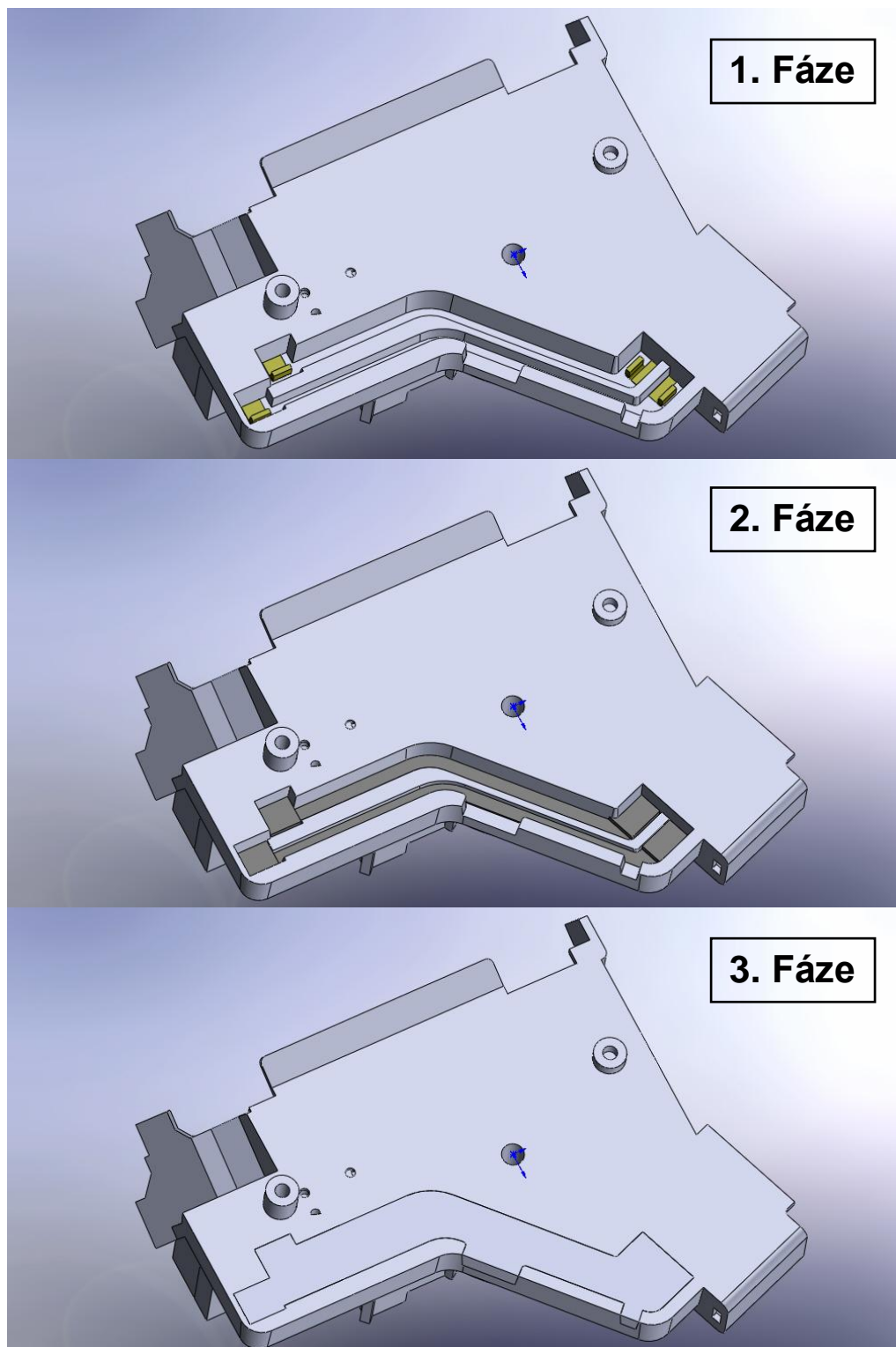
S ohledem na zachování funkčnosti dílu v sestavě zámku a požadavek stupně krytí IP6K7, neboli vodotěsnost a prachotěsnost, byl navržen následující princip výroby, který je znázorněn a popsán na obr.86.



Obr. 86 Návrh principu výroby prototypu – řez konektorem

Z obrázku je zřejmé, že při navržení principu prototypové výroby dochází k využití původní podoby konektorových pinů a jejich obstřiku do těla výrobku. Tím je zachována funkčnost dílu v sestavě a možnost připojení původního konektoru a mikrospínače. Dále tento princip výroby využívá kompletní obstřik el. vodivých drah a umožňuje tak splnění požadavku stupně krytí IP6K7.

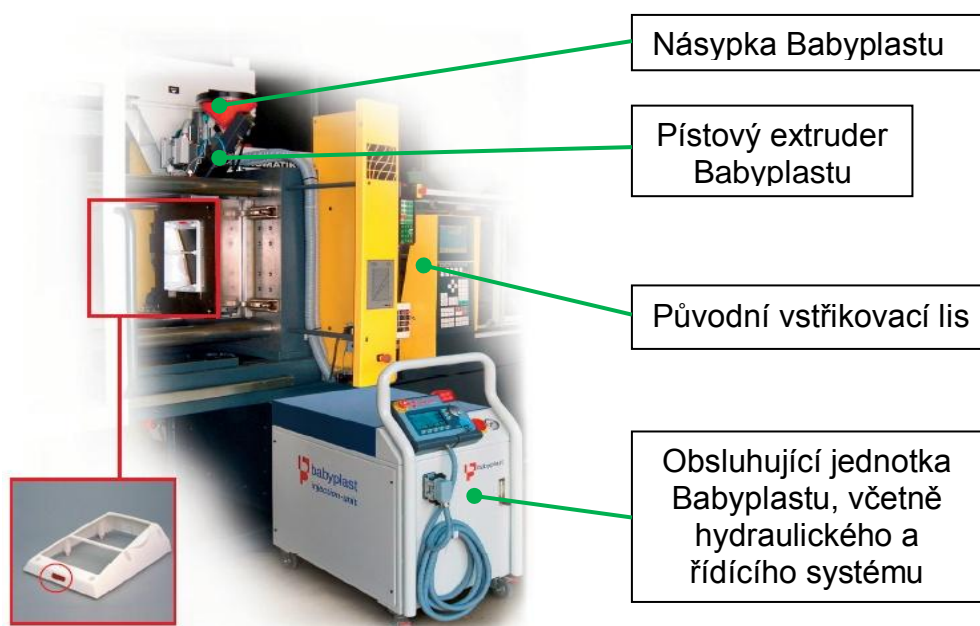
Na následujícím obrázku jsou znázorněny navrhované podoby dílu v popsanych výrobních fázích.



Obr. 87 Princip výroby prototypu

5.2 Využití vstřikovacího zařízení Babyplast

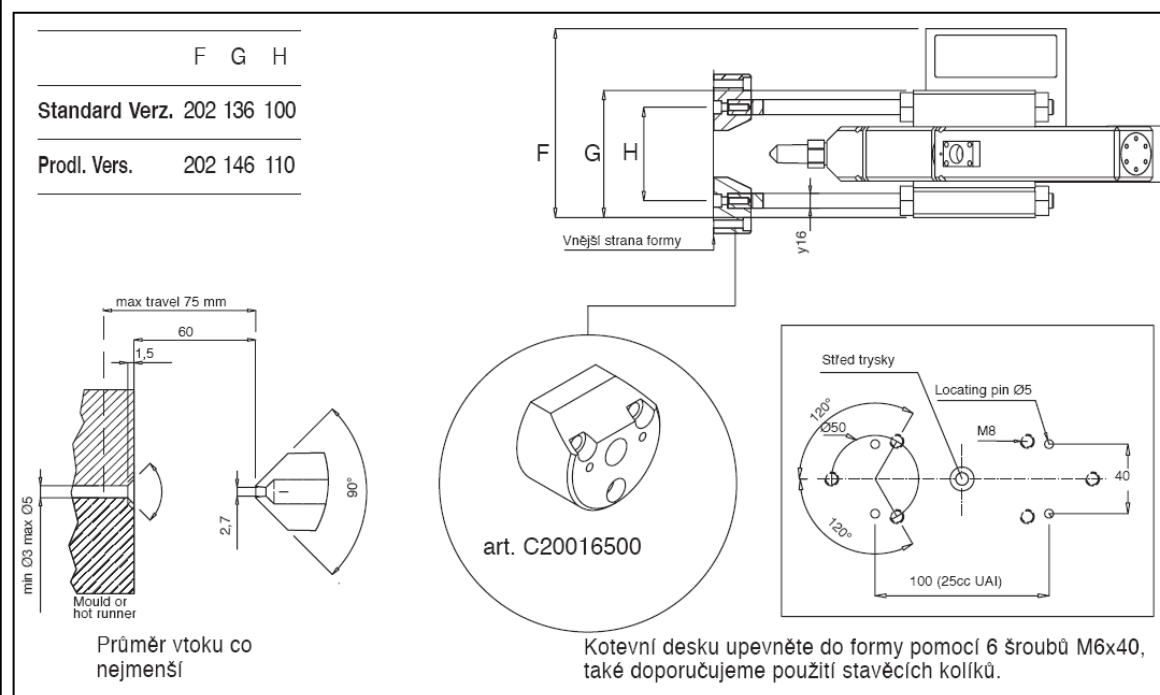
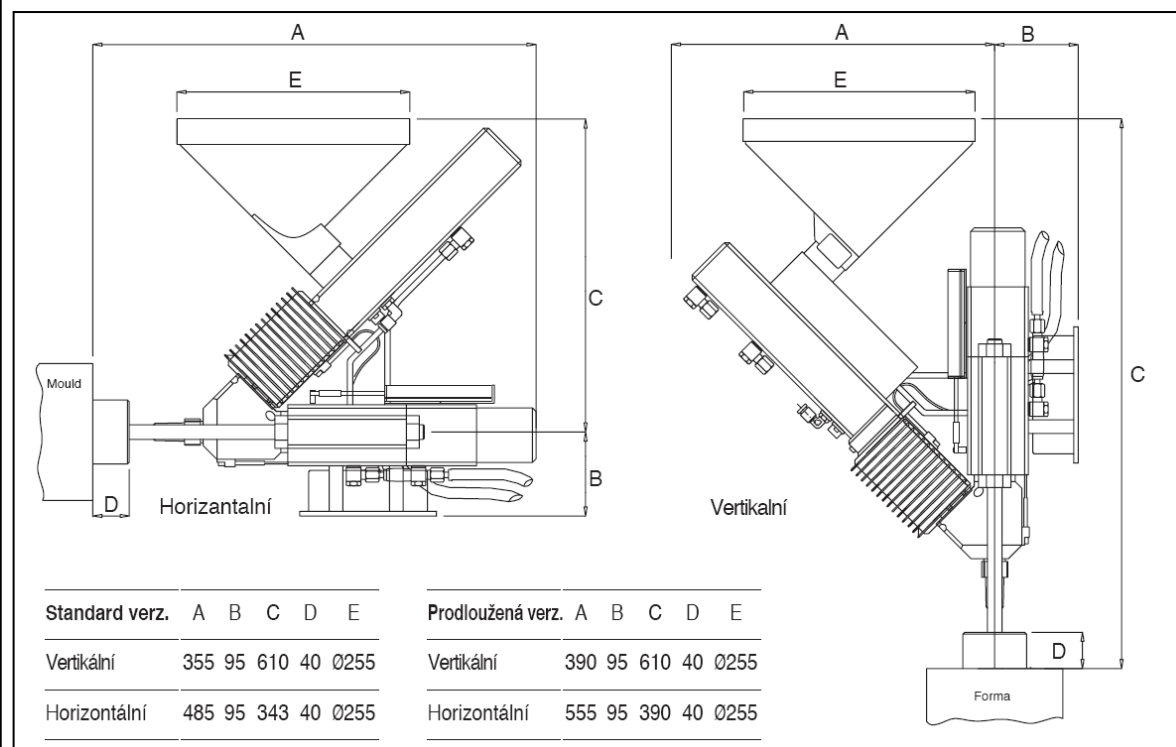
S využitím jednokomponentních vstřikovacích strojů v podniku a nutnosti výroby prototypu v jedné vstřikovací formě, vzniká problém se vstřikováním dvou různých materiálů do jedné formy (celkem tři vstřikovací fáze). Aby bylo možné navržený princip prototypové výroby realizovat, je nutné využít dodatečného vstřikovacího zařízení. Pro tyto účely bylo navrženo zařízení Babyplast, neboli přídavná vstřikovací jednotka pro vícekomponentní vstřikování viz obr. 88.



Obr. 88 Popis zařízení Babyplast [31]

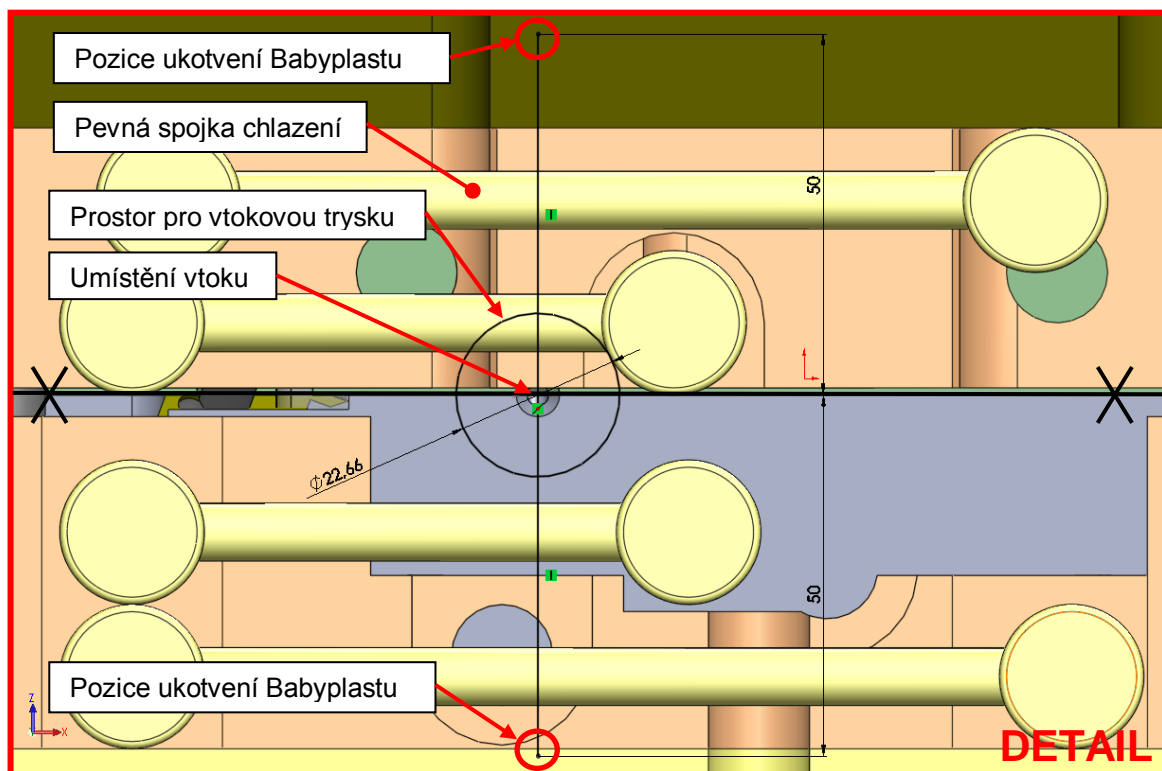
Základní parametry vstřikovacího zařízení Babyplast [31]

- plastikace termoplastů až do teploty 400 °C
- maloobjemové vstřikování do hodnoty 36 cm³ (vzhledem ke zvolené modifikaci zařízení)
- možnost volby různých průměrů pístu extruderu
- umístění extruderu přímo na formu původního lisu
- možnost horizontální i vertikální montáže
- kompletní samostatnost zařízení (vlastní řídicí systém, vlastní hydraulické a elektrické soustavy)
- možnost propojení řídicího systému Babyplast s řídicím systémem původního vstřikovacího lisu

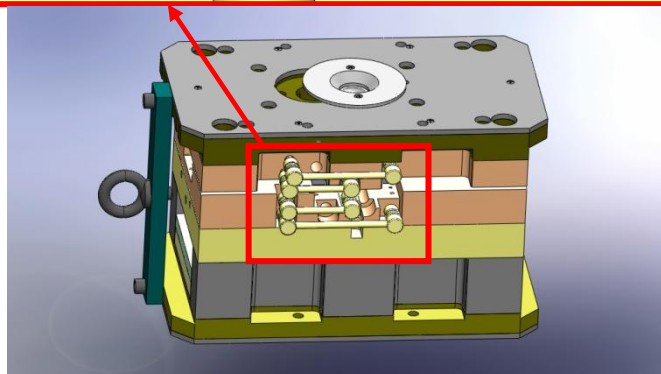
Technická data zařízení [31]**Obr. 89 Technický list zařízení Babyplast [31]**

Návrh polohy pro umístění zařízení babyplast na zadanou formu

Na základě plánovaného období pro zahájení realizace tohoto projektu, byla navržena pouze poloha umístění tohoto zařízení na danou formu. Vzhledem k nutnosti zakoupení, nebo vypůjčení tohoto přístroje (případně podobného zařízení) v budoucím období, nebyly navrženy konkrétní konstrukční úpravy formy, včetně konstrukčního řešení jeho montáže. Tato poloha umístění, navržená na základě informací z technického listu zařízení Babyplast (obr.89), je znázorněna na obrázku 90, včetně orientačních rozměrů. Veškeré další konstrukční úpravy v této oblasti je nutné provést až po zakoupení, či vypůjčení konkrétního přístroje, při realizaci tohoto projektu. Umístění vtoku pro tuto soustavu bylo zvoleno do dělicí roviny vložek formy - mezi tvárník a tvárnici.

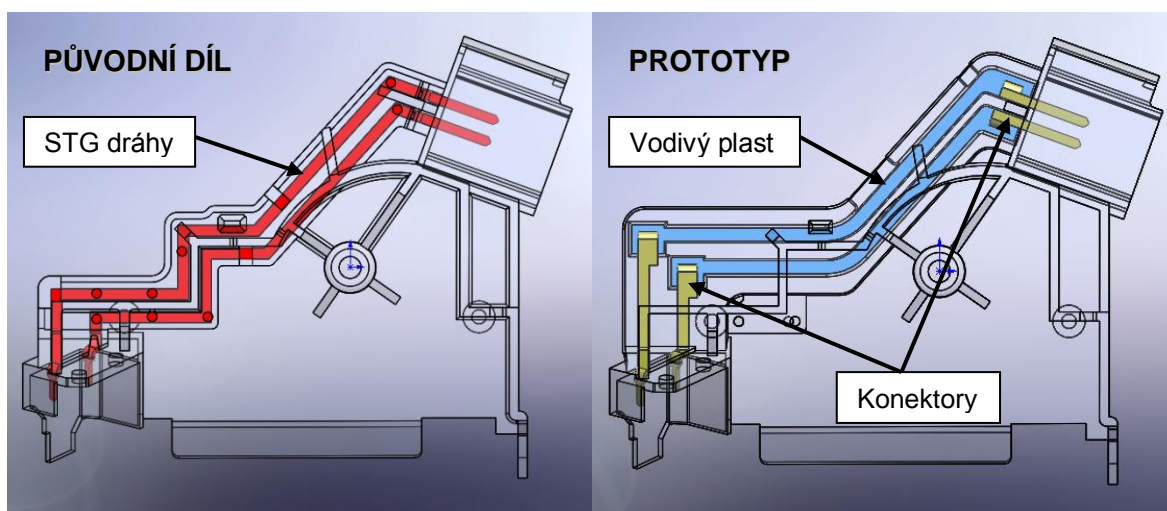


Obr. 90 Návrh polohy
umístění zařízení Babyplast
na vstříkovací formu

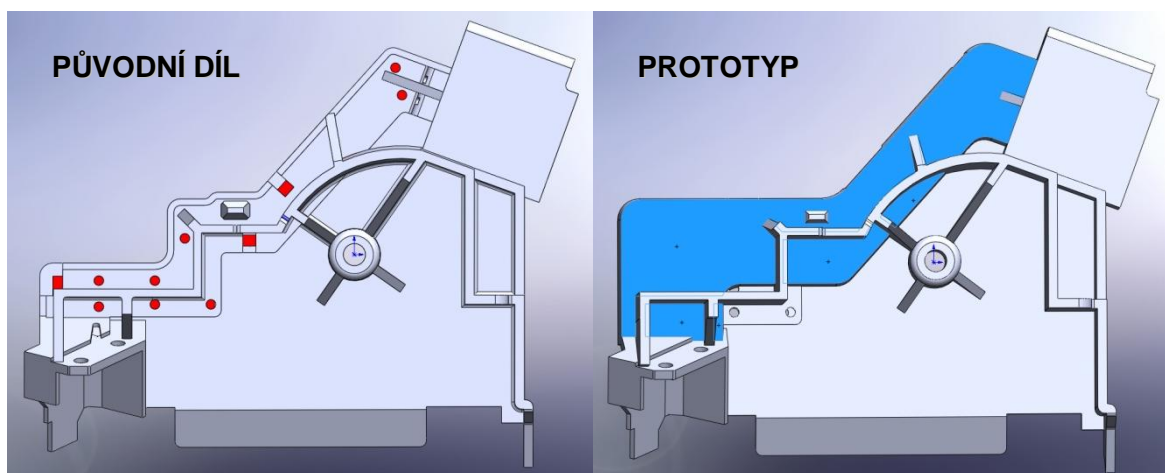


5.3 Navrhované změny v konstrukci dílu

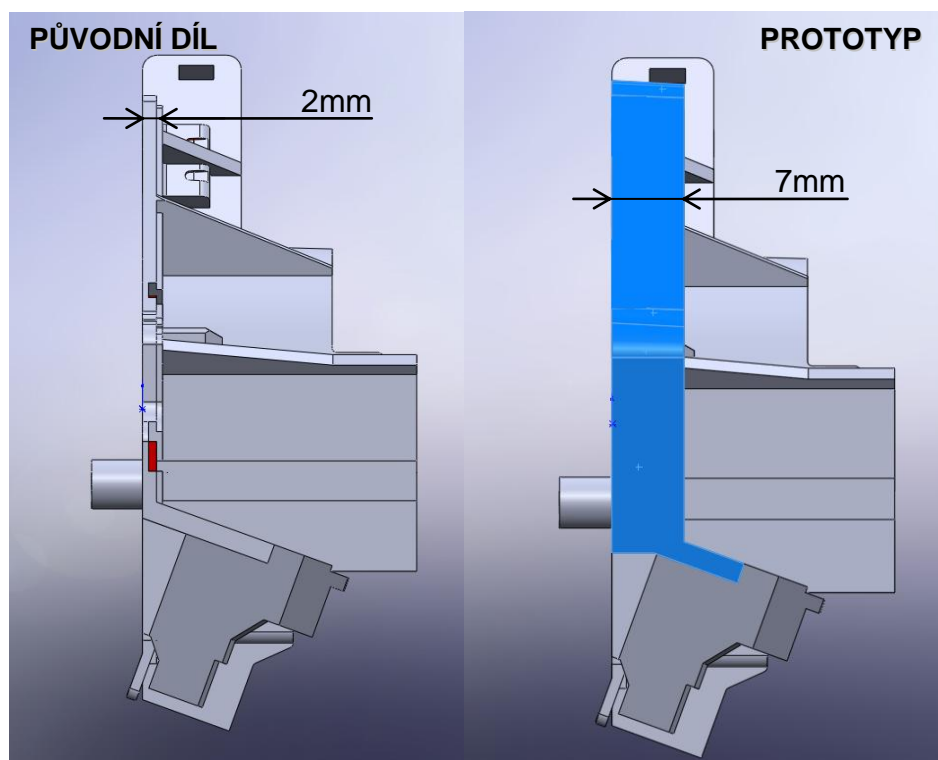
Konstrukční změny zadaného dílu byly navrženy s ohledem na funkčnost dílu v sestavě zámku a konstrukci zadané vstřikovací formy. Při návrhu změn v konstrukci dílu, byly zohledněny také technologické úkosity, nutné pro jeho odformování, přičemž jejich hodnoty se pohybují od 3° do 5°. Návrhy konstrukčních změn jsou zobrazeny v pravé části obrázků 91-93 modrou barvou. Pro názornost je v levé části každého zobrazení i původní podoba dílu. Veškeré další úpravy v konstrukci prototypového dílu jsou obsaženy ve výkresové dokumentaci, která je součástí přílohy této práce.



Obr. 91 Návrh konstrukčních změn na zadaném dílu



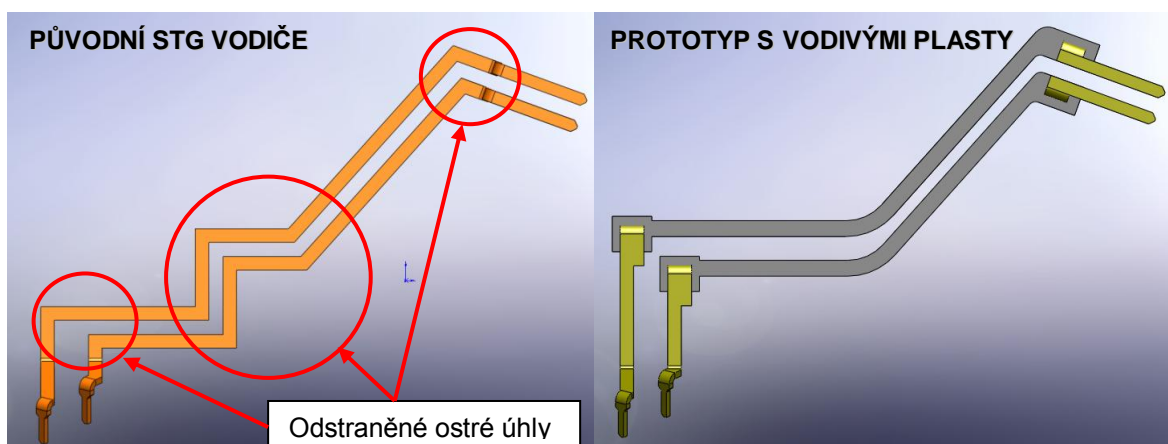
Obr. 92 Návrh konstrukčních změn na zadaném dílu - tvarové změny dílu jsou zobrazeny modrou barvou v pravé polovině obrázku



Obr. 93 Návrh konstrukčních změn na zadaném dílu - tvarové změny dílu jsou zobrazeny modrou barvou v pravé polovině obrázku

5.3.1 Zvolený tvar vodivých drah a konektorů

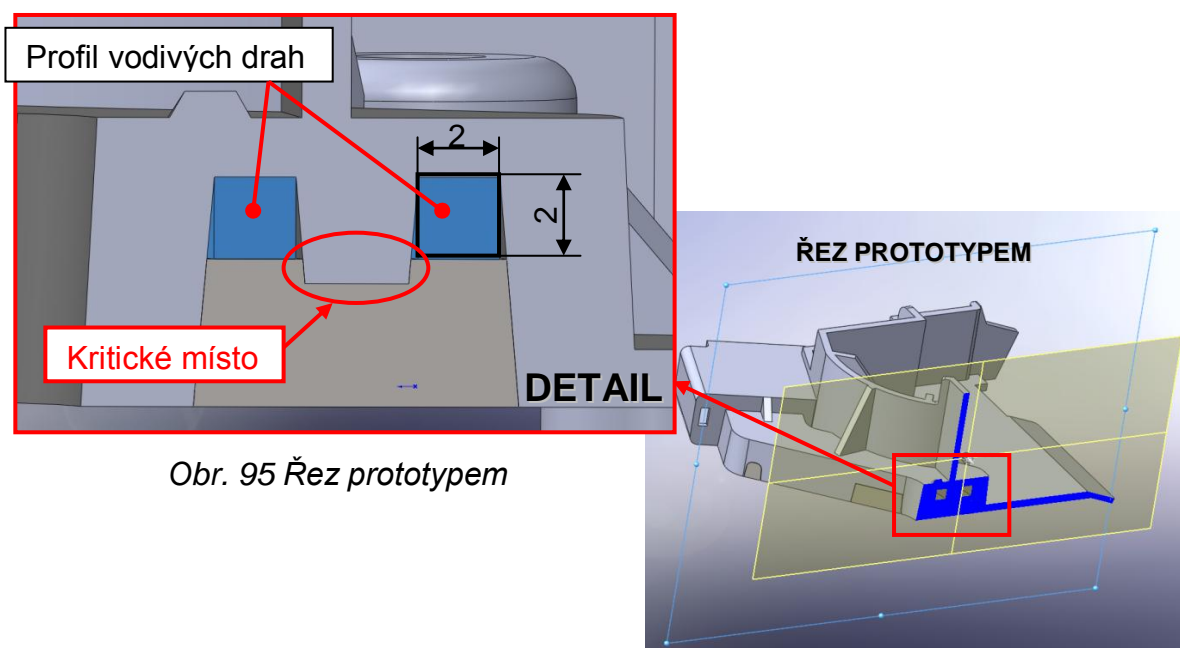
Tvar vstřikovaných drah z vodivého plastu byl v rámci možností co nejvíce přizpůsoben pro technologii vstřikování a byly odstraněny veškeré ostré úhly původního tvaru STG vodičů, pro lepší tečení materiálu při vstřikování (obr.94).



Obr. 94 Navržený tvar drah vodivých plastů (vpravo), ve srovnání s původním tvarem STG vodičů (vlevo)

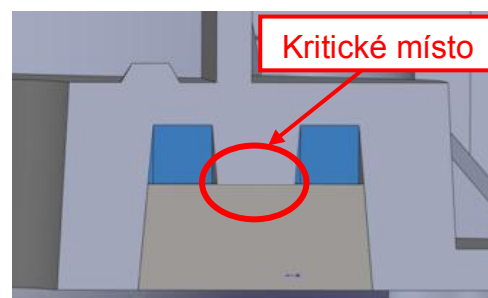
Průřez vodivých drah byl zvolen s ohledem na zabíhavost materiálu (kapitola 3.5.3, strana 65) a interní zkoušky podniku. Zvolený profil vodivých drah má při zanedbání technologických úkosů čtvercový tvar o délce hrany 2mm. Plocha průřezu jedné dráhy vodiče má tedy plochu o hodnotě 4mm^2 a je znázorněna v řezu na obrázku 95.

Z hlediska zachování funkčnosti dílu, byl proveden ověřovací výpočet elektrické vodivosti těchto drah a je součástí přílohy 20 s názvem Protokol1.



Obr. 95 Řez prototypem

Vzhledem ke druhé fázi vstřikování vodivého plastu, byl zvolen relativně složitý tvar Jádra 2, které bude popsáno v dalším průběhu práce. Tato složitost vyplývá z konstrukčního vytvoření profilové bariéry, která má zabránit možnému protečení materiálu z jedné vodivé dráhy do druhé. Takto vytvořený profil je označen pod názvem „kritické místo“ na obrázku 95 a pro názornost je tento profil bez popisované bariéry znázorněn na obr 96.

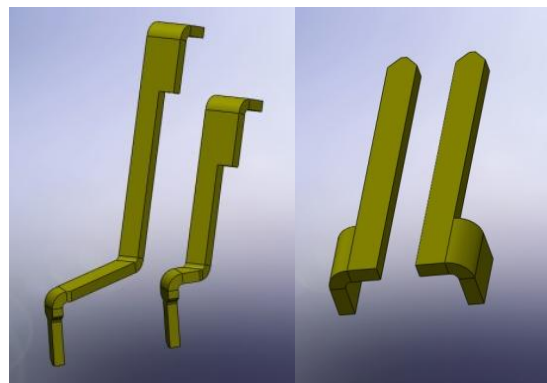


Obr. 96 Profil řezu s rizikem protečení vodivého plastu z jedné dráhy do druhé

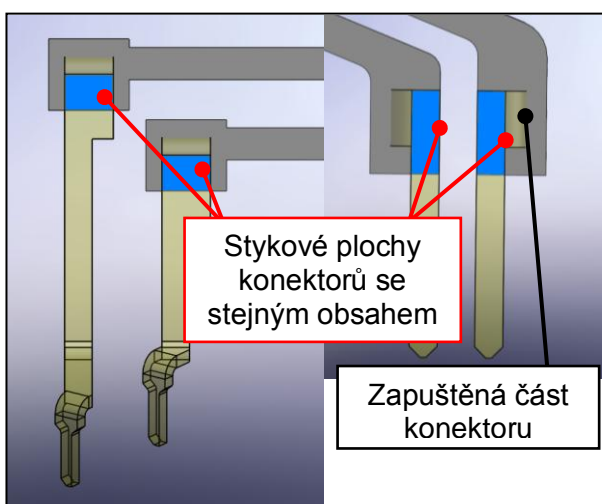
Tvar konektorů

Vzhledem k vybavení podniku střížnými a ohýbacími nástroji pro výrobu STG vodičů, byly konektory navrženy dle konstrukčních potřeb k zajištění funkcí dílu. Výkresová dokumentace všech čtyř navrhovaných konektorů je součástí přílohy.

Všechny konektory byly navrženy tak, aby jejich celkové stykové plochy s vodivým plastem měly stejné obsahy. Tyto plochy jsou znázorněny na obr. 98, přičemž všechny zapuštěné části konektorů mají stejné rozměry.

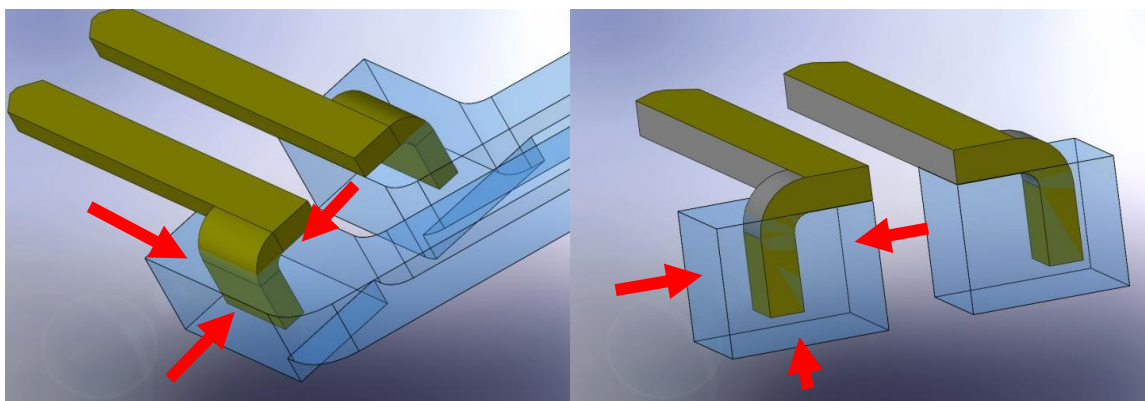


Obr. 97 Navržená podoba konektorů



Obr. 98 Stykové plochy konektorů s vodivým plastem

Styková oblast konektorů s vodivým plastem je navržena také s ohledem na využití smrštění vstříkovaného materiálu, pro sevření konektorových částí. Tento princip sevření a podoba spojení konektorů s vodivým plastem je znázorněna na obrázku 99.



Obr. 99 Využití smrštění vstříkovaného vodivého plastu k sevření zapuštěných konektorových částí

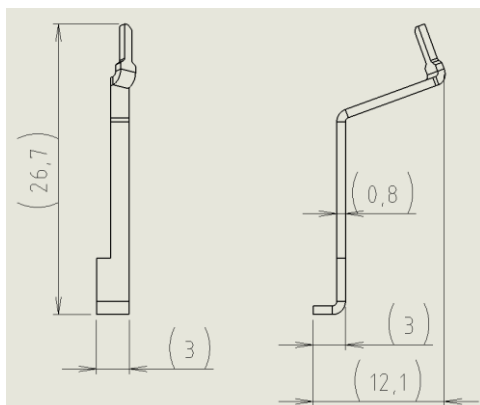
5.4 Navrhované změny v konstrukci formy

5.4.1 Návrh konektorů

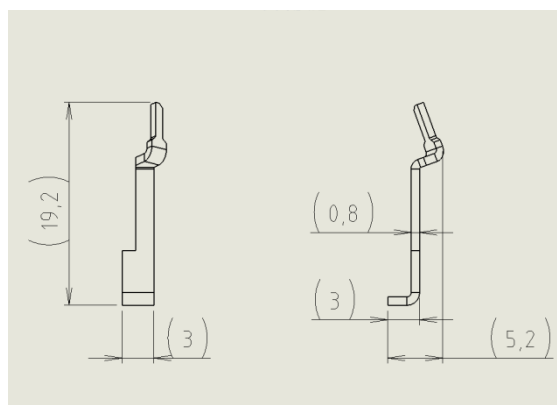
Výkresová dokumentace jednotlivých konektorů je součástí přílohy pod následujícím označením:

7. Konektor 1 – č. výkresu: DRN-07
8. Konektor 2 – č. výkresu: DRN-08
9. Konektor 3 – č. výkresu: DRN-09
10. Konektor 4 – č. výkresu: DRN-10

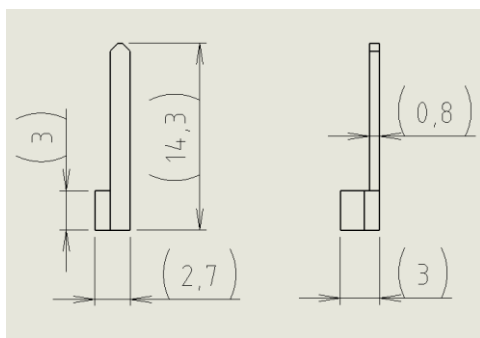
Pro názornost jsou jednotlivé konektory zobrazeny na následujících obrázcích 100-103, včetně orientačních rozměrů [mm].



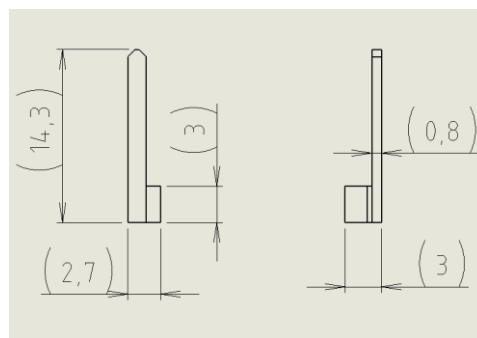
Obr. 100 Konektor 1



Obr. 101 Konektor 2



Obr. 102 Konektor 3



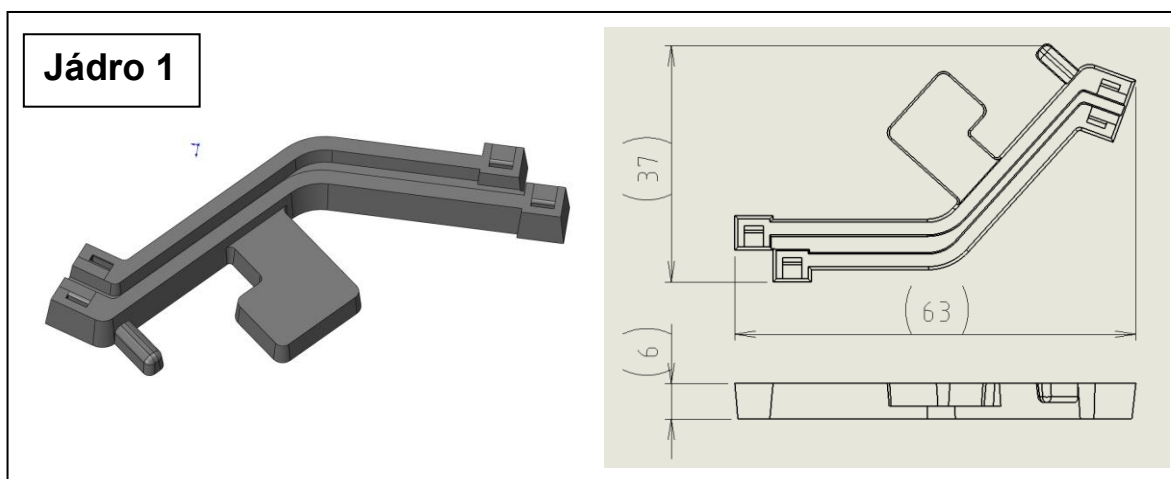
Obr. 103 Konektor 4

5.4.2 Návrh jader

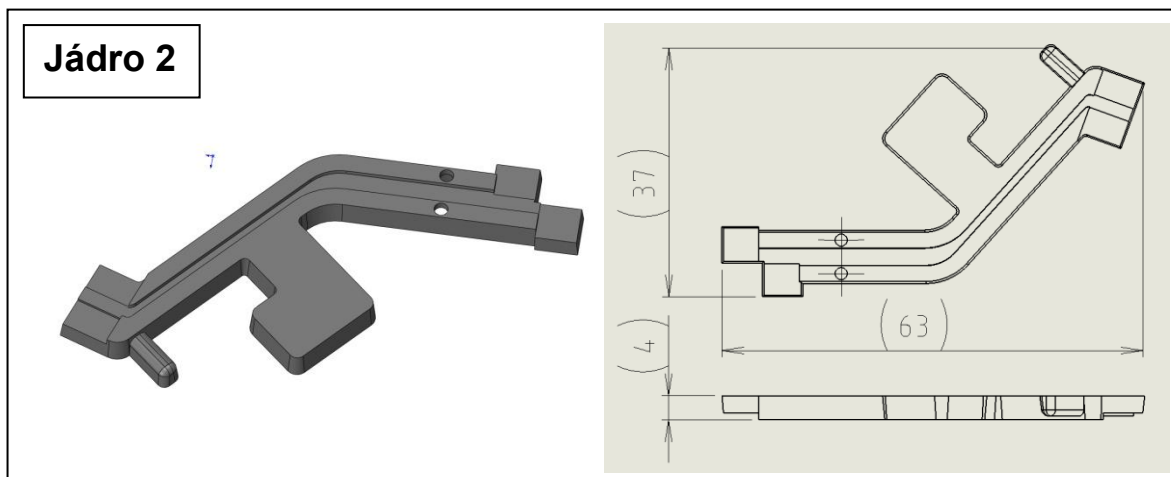
Výkresová dokumentace všech následujících jader je součástí přílohy pod následujícím označením:

- 11. Jádru 1 – č. výkresu: DRN-11
- 12. Jádru 2 – č. výkresu: DRN-12
- 13. Jádru 3 - záslepka – č. výkresu: DRN-13
- 14. Jádru 4 – č. výkresu: DRN-14
- 15. Jádru 5 - záslepka – č. výkresu: DRN-15

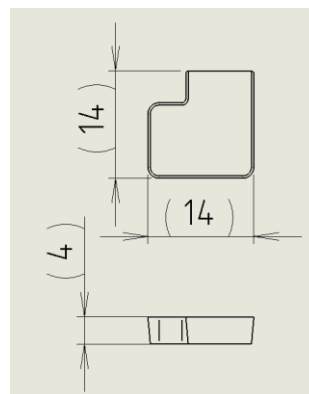
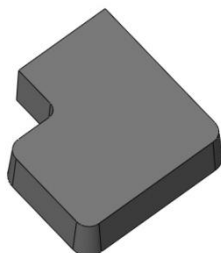
Všechna vytvořená jádra 1-5 jsou zobrazena na následujících obrázcích 104-108, včetně orientačních rozměrů v [mm]. Jejich funkce bude popsána v následující kapitole projektu.



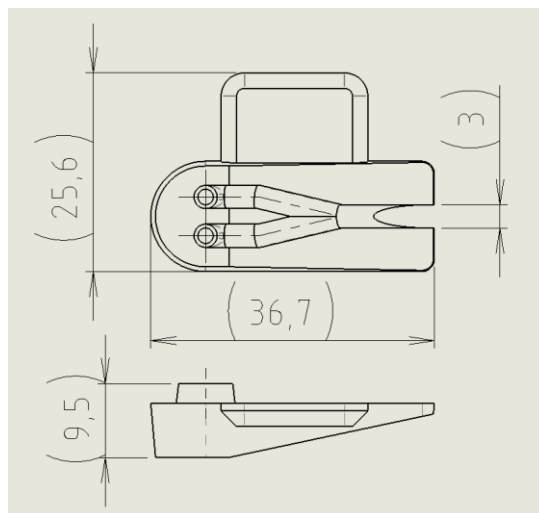
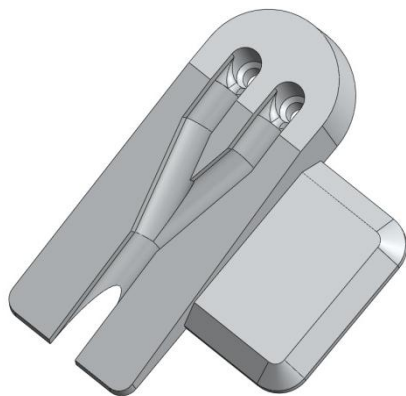
Obr. 104 Jádru 1



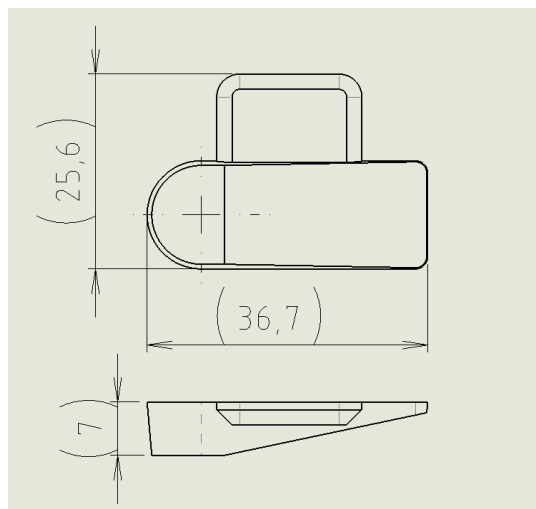
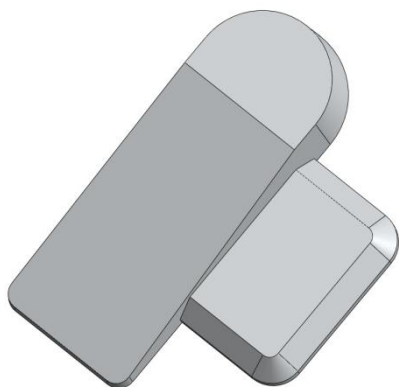
Obr. 105 Jádru 2

Jádro 3 - záslepka

Obr. 106 Jádro 3 - záslepka

Jádro 4

Obr. 107 Jádro 4

Jádro 5 - záslepka

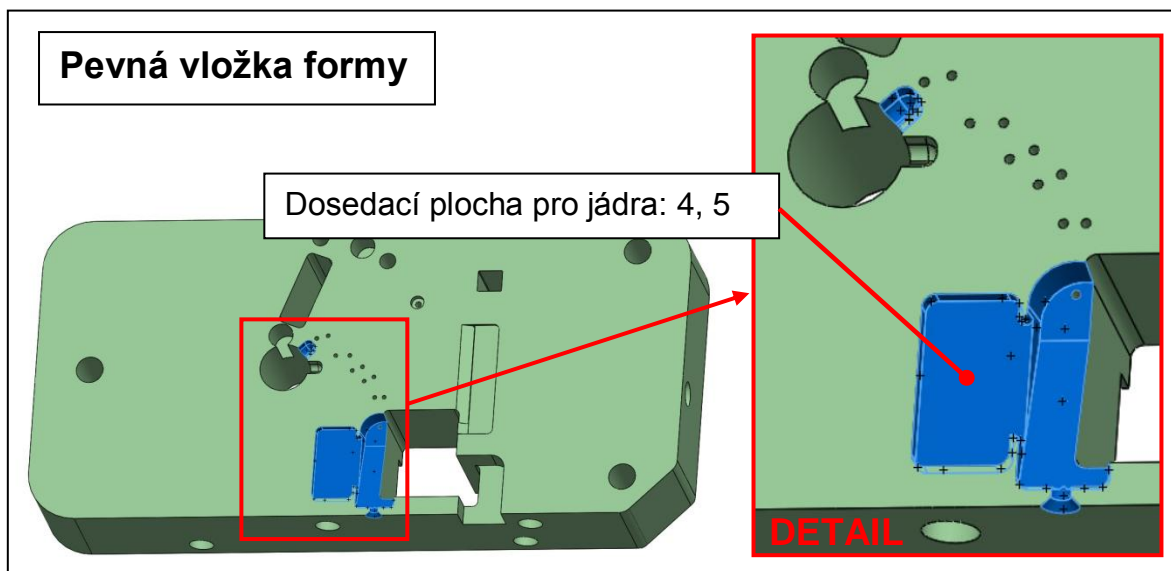
Obr. 108 Jádro 5 – záslepka

5.4.3 Úpravy formy

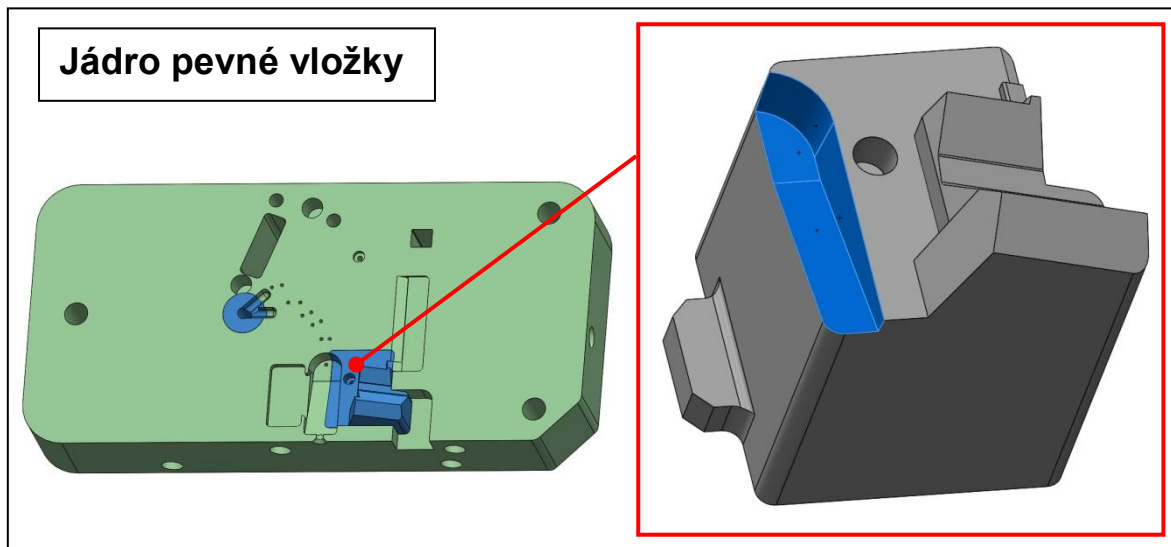
Výkresová dokumentace konstrukčních úprav formy je součástí přílohy pod následujícím označením:

- 16. Pevná vložka formy – č. výkresu: DRN-16
- 17. Jádru pevné vložky – č. výkresu: DRN-17
- 18. Pohyblivá vložka formy – č. výkresu: DRN-18
- 19. Vtoková vložka – č. výkresu: DRN-19

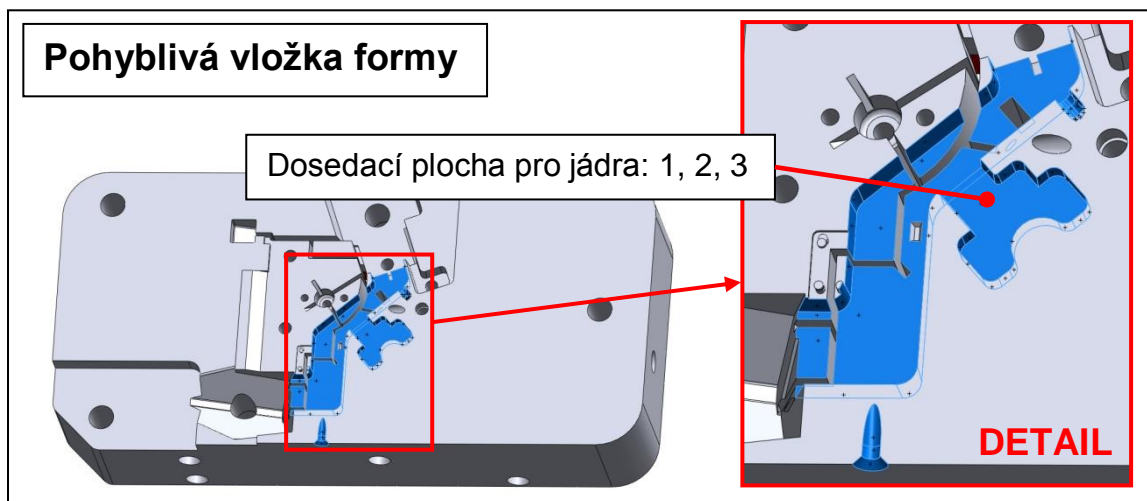
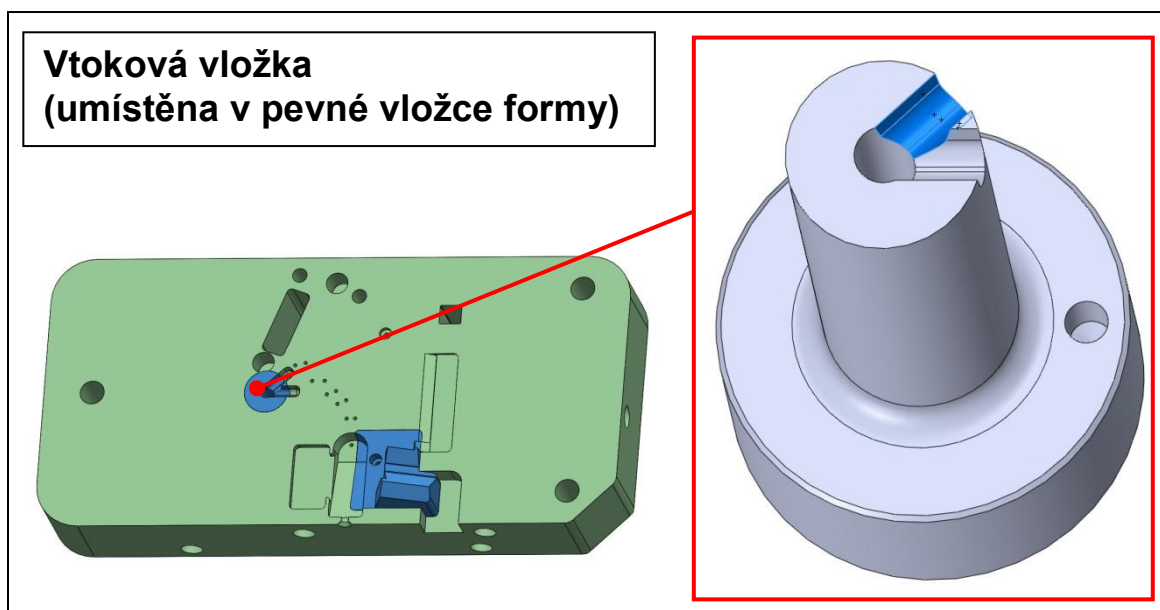
Konstrukční úpravy provedené na dílech zadané formy jsou naznačeny v následujících obrázcích 109-112 modrou barvou.



Obr. 109 Pevná vložka formy



Obr. 110 Jádru pevné vložky

*Obr. 111 Pohyblivá vložka formy**Obr. 112 Vtoková vložka*

Poznámka:

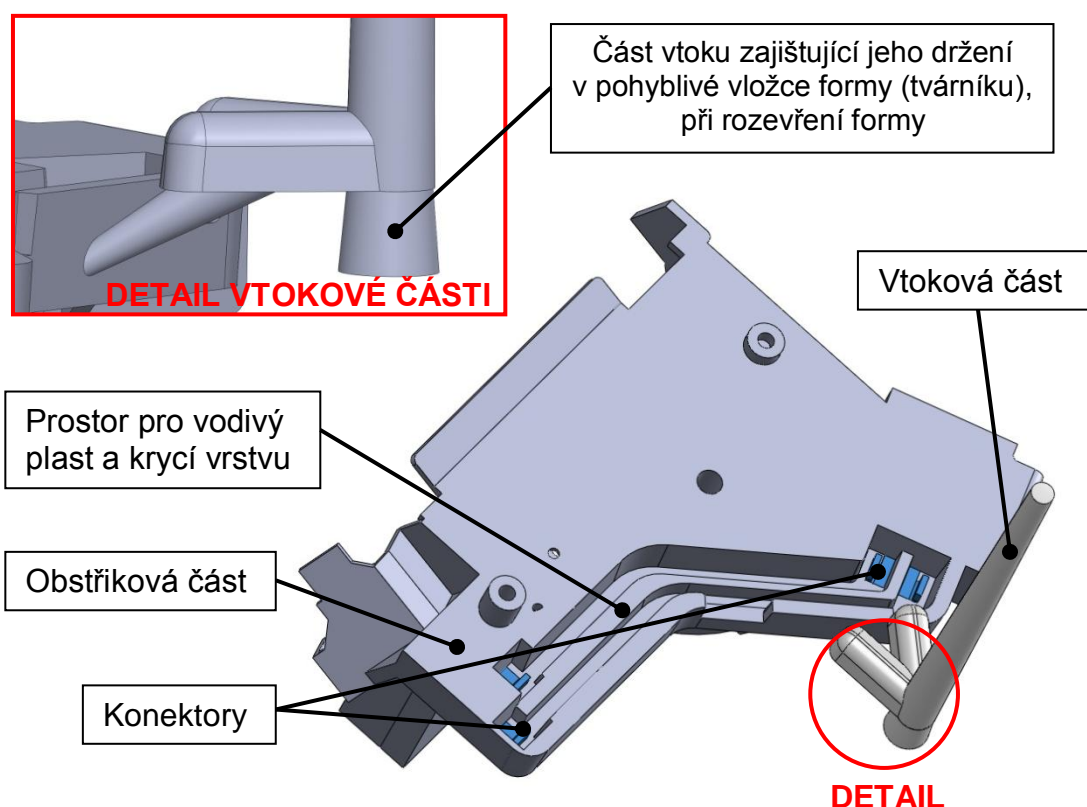
Pro lepší držení jader (obr. 104-108) ve vložkách formy (obr. 109 a 111), mohou být tyto dosedací plochy v obou vložkách formy dodatečně vybaveny magnety. Tyto konstrukční změny však nejsou obsaženy v přiložené výkresové dokumentaci, ani v modelech dílů.

U navrženého prototypu nebyla provedena simulační analýza plnění formy a optimalizace vtoků, která bude v rámci projektu provedena podnikem, pro který je tento projekt vypracován.

5.5 Popis jednotlivých fází vstřikování v upravené formě

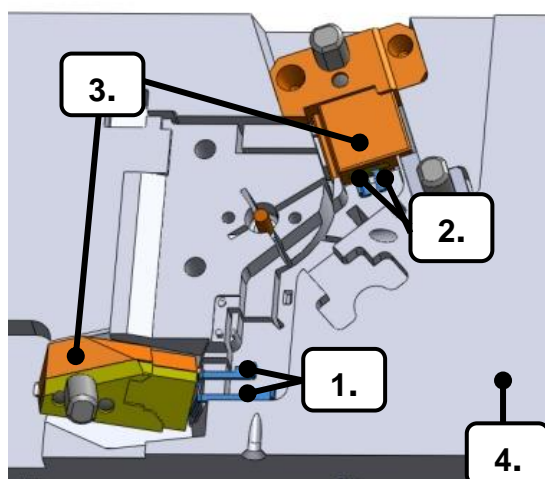
1. Fáze vstřikování

V této fázi dochází ke vstřikování těla celého výrobku se založenými konektorovými piny a k vytvoření prostoru pro vodivý plast a krycí vrstvu. Prototyp je navržen tak, aby pro první fázi vstřikování byl využit původní vtok zadané formy, který je včetně celého obstříku znázorněn na obr. 113.



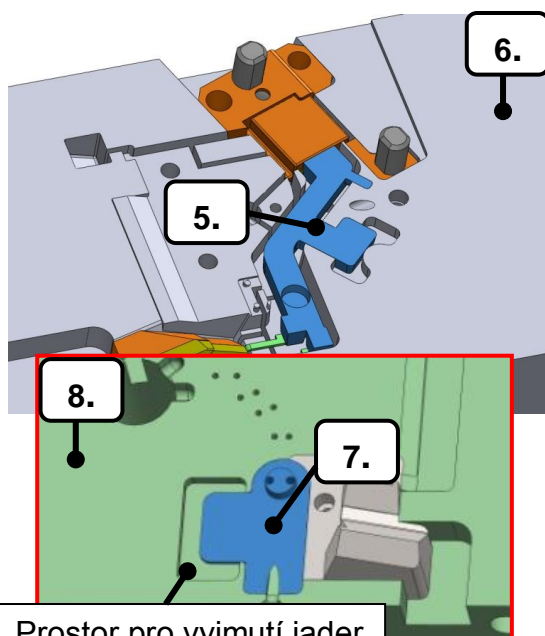
Obr. 113 Popis obstříku první fáze vstřikování, včetně původní vtokové části

V této fázi je použito Jádro 1, které je vloženo do upravené pohyblivé vložky formy (tvárníku). Pohyblivá vložka formy obsahuje již založené konektory v jejich původních přídržovačích. Dále dochází k založení Jádra 4 do pevné vložky formy (tvárnice). V takto připravené formě dále následuje samotná fáze vstřikování a po její dokončení dochází k mechanickému odstranění zatuhlé vtokové části a vyjmutí Jádra 1. Tento technologický postup je zobrazen a popsán na obrázku 114.



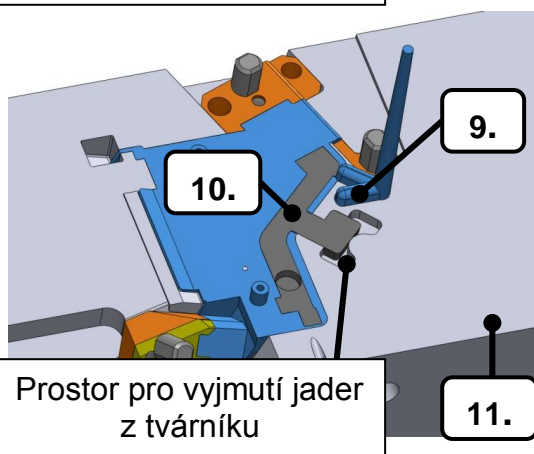
Technologický postup-část 1/3

1. Vložit konektory 1-4 (poz.1, 2), do konektorových přídržovačů (poz.3)
2. Vložit přídržovače (poz.3) do tvárníku (poz.4)



Prostor pro vyjmutí jader z tvárnice

3. Vložit Jádru 1 (poz.5) do tvárníku (poz.6)
4. Vložit Jádru 4 (poz.7) do tvárnice (poz.8)
5. Uzavřít formu
6. Spustit vstřikovací Fázi 1
7. Otevřít formu



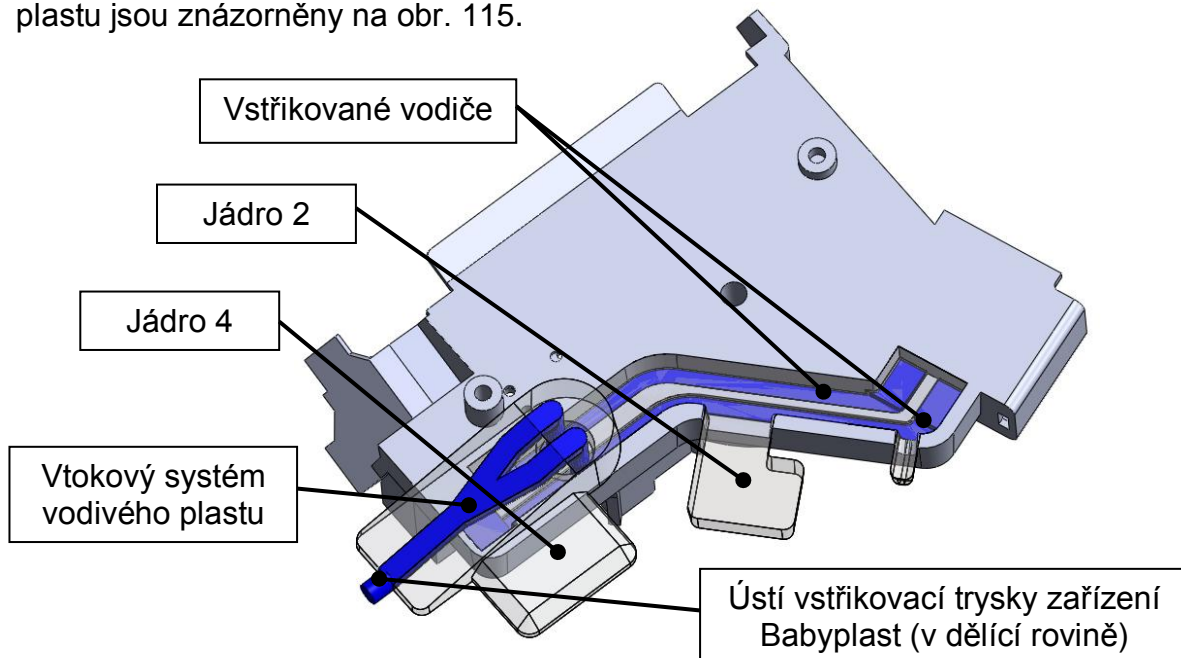
Prostor pro vyjmutí jader z tvárníku

8. Mechanicky odstranit vtok Fáze 1 (poz.9)
9. Nahradit Jádru 1 (poz.10) Jádrem 2 ve tvárníku (poz.11)
10. Uzavřít formu

Obr. 114 Popis technologického postupu Fáze 1

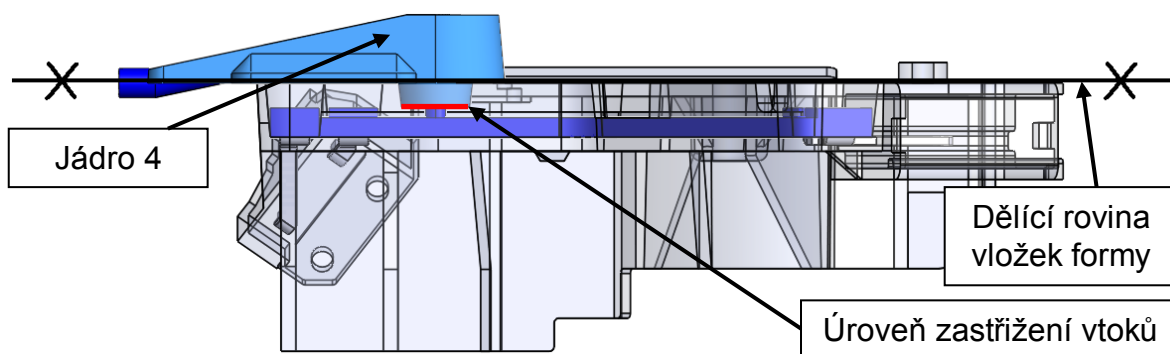
2. Fáze vstřikování

Ve druhé fázi dochází ke vstřikování vodivého plastu do připravených dutin budoucích vodičů. Vtokový systém druhé fáze a vstřikované dráhy z vodivého plastu jsou znázorněny na obr. 115.



Obr. 115 Popis druhé vstřikovací fáze, včetně vtokové části

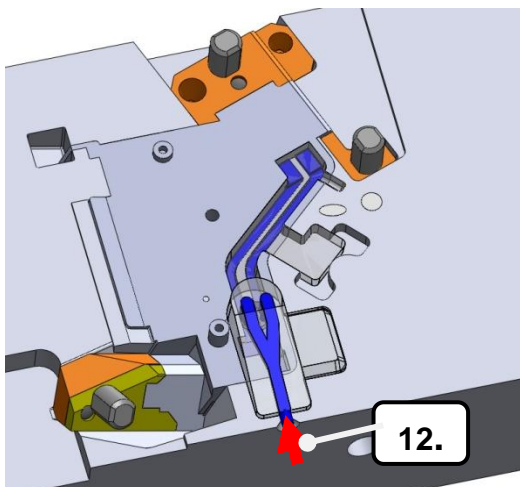
V této fázi se využívá Jádra 2 (založeného na pozici Jádra 1) a Jádra 4. Skrz Jádro 4 je vtokem umístěným v dělicí rovině vložek (obr. 115, 116) vstřikován vodivý plast zařízením Babyplast. Po dokončení této vstřikovací fáze je nutné oddělit vtoky vodivého plastu pod úroveň dělicí roviny vložek. Toto oddělení vtoků je nezbytné z důvodu úplnosti krycí vrstvy materiálu, vstřikovaného v poslední fázi procesu. Pro tento účel je konstrukčně přizpůsobeno Jádro 4, při jehož otočení dojde k zastřížení obou vtoků vodivého plastu ve vzdálenosti 2,5mm pod úroveň dělicí roviny. Tento princip je zřejmý z obrázku 116.



Obr. 116 Poloha dělicí roviny vzhledem k úrovni zastřížení vtoku fáze 2

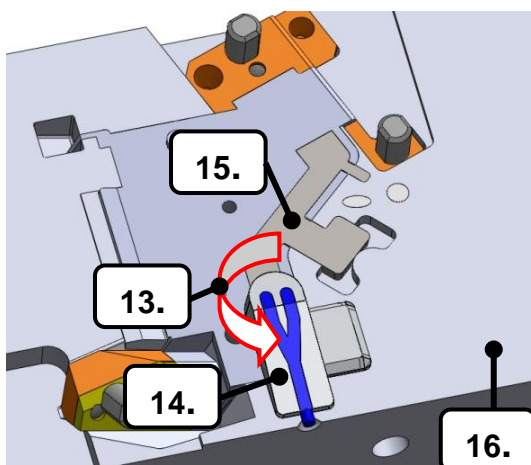
Technologický postup druhé Fáze vstřikování je popsán na následujícím obrázku 117 a je v chronologickém souladu s postupem Fáze 1 na obr.114.

Technologický postup-část 2/3



11. Spustit vstřikovací Fázi 2 (poz.12)

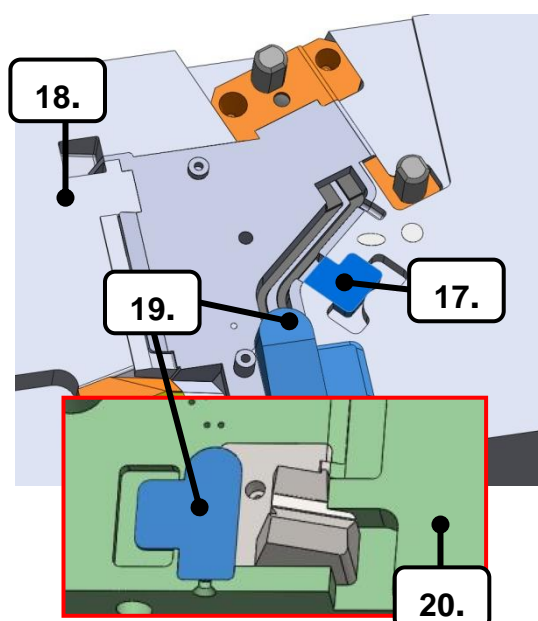
12. Otevřít formu



13. Otočit Jádru 4 v požadovaném směru (poz.13)

14. Vymout Jádru 4 (poz.14) a Jádru 2 (poz.15) z tvárníku (poz.16)

15. Odstranit zatuhlé části vtoku z Jádra 4 (poz.14) a tvárníku (poz.16)



16. Vložit Jádru 3 - záslepka (poz.17) do tvárníku (poz.18)

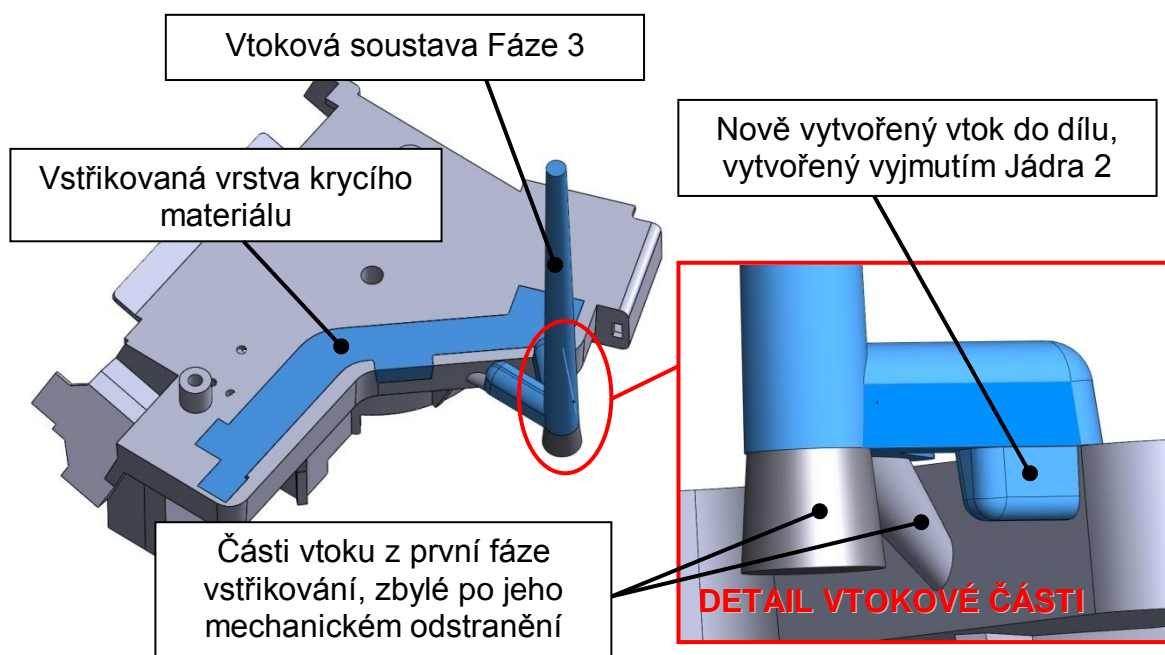
17. Vložit Jádru 5 - záslepka (poz.19) do tvárnice (poz.20)

18. Uzavřít formu

Obr. 117 Popis technologického postupu Fáze 2

3. Fáze

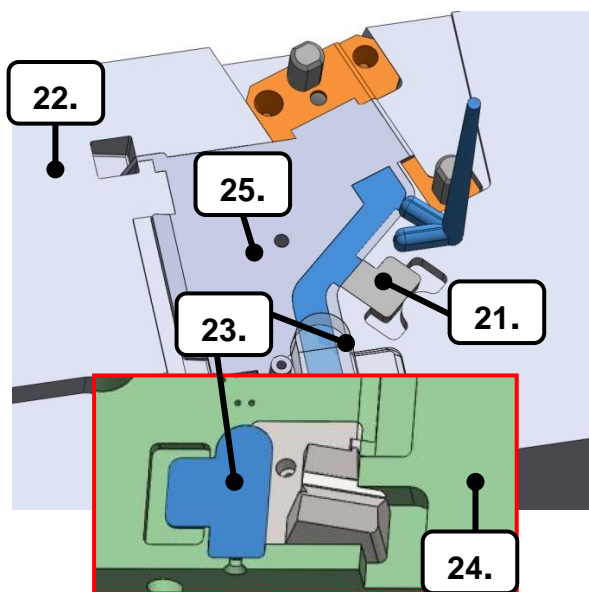
V poslední fázi dochází ke vstřikování krycí vrstvy materiálu na dráhy vodivých plastů vytvořených ve Fázi 2. U třetí fáze se zakládá Jádru 3 do pohyblivé vložky formy (tvárníku) a Jádru 5 do pevné vložky formy (tvárnice). Obě tato jádra plní funkci záslepky pro dokončení finálního tvaru obštíku.



Obr. 118 Popis třetí vstřikovací fáze, včetně vtokové části

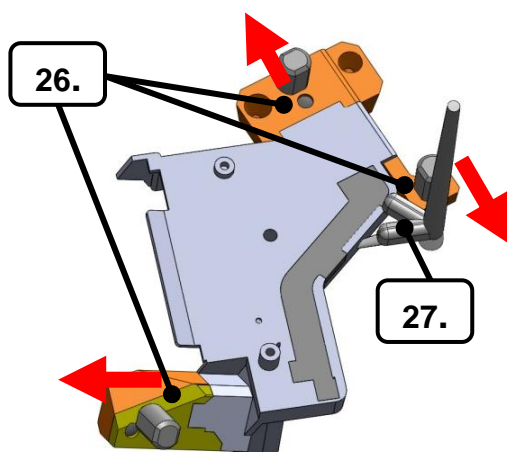
Při vyjmutí Jádra 2 (po dokončení předchozí vstřikovací fáze) dochází k odkrytí nového vtokového ústí do dílu, využívajícího původní vtokový systém vstřikovací formy (obr. 118). Jelikož byla zatuhlá soustava původního vtoku odstraněna po dokončení první fáze vstřikování, je možné tuto vtokovou soustavu s nově odkrytým vtokovým ústím znova využít. Po dokončení třetí vstřikovací fáze dochází k vyhození celého obštíku vyhazovači původní formy, včetně vtoku třetí fáze a obou konektorových přidržovačů. Tyto části musí být následně z dílu ručně odstraněny.

Technologický postup třetí Fáze vstřikování je popsán na následujícím obrázku 119 a je v chronologickém souladu s postupem Fáze 1 a 2 (obr.114, 117).



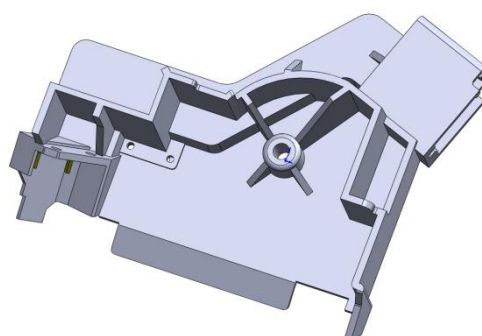
Technologický postup-část 3/3

19. Spustit vstřikovací Fázi 3
20. Otevřít formu
21. Vyjmout Jádro 3 - záslepka (poz.21) z tvárníku (poz.22) a Jádro 5 - záslepka (poz.23) z tvárnice (poz.24)
22. Spustit vyhazovací systém
23. Odebrat díl (poz.25)



24. Vyjmout z dílu konektorové přidržovače (poz.26)
25. Odstranit vtok Fáze 3 (poz.27)

Hotový díl



Obr. 119 Popis technologického postupu Fáze 3

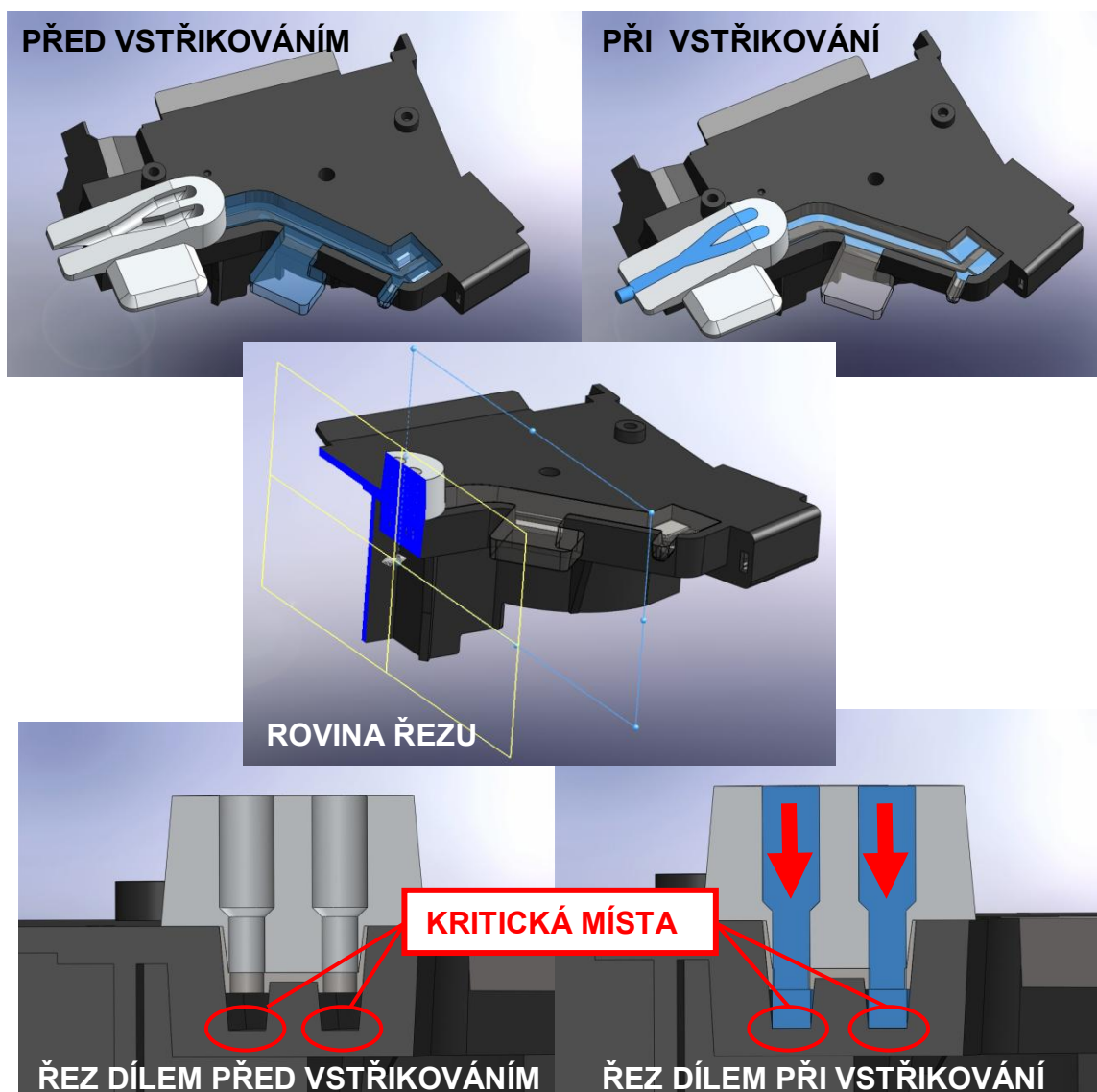
Od vzdušnění formy

Vzhledem k četnosti jader, poloze dělicí roviny a využití konektorových přidržovačů, není nutné řešit odvzdušnění formy ve všech třech vstřikovacích fázích.

5.6 Možné komplikace v průběhu projektu a návrhy jejich řešení

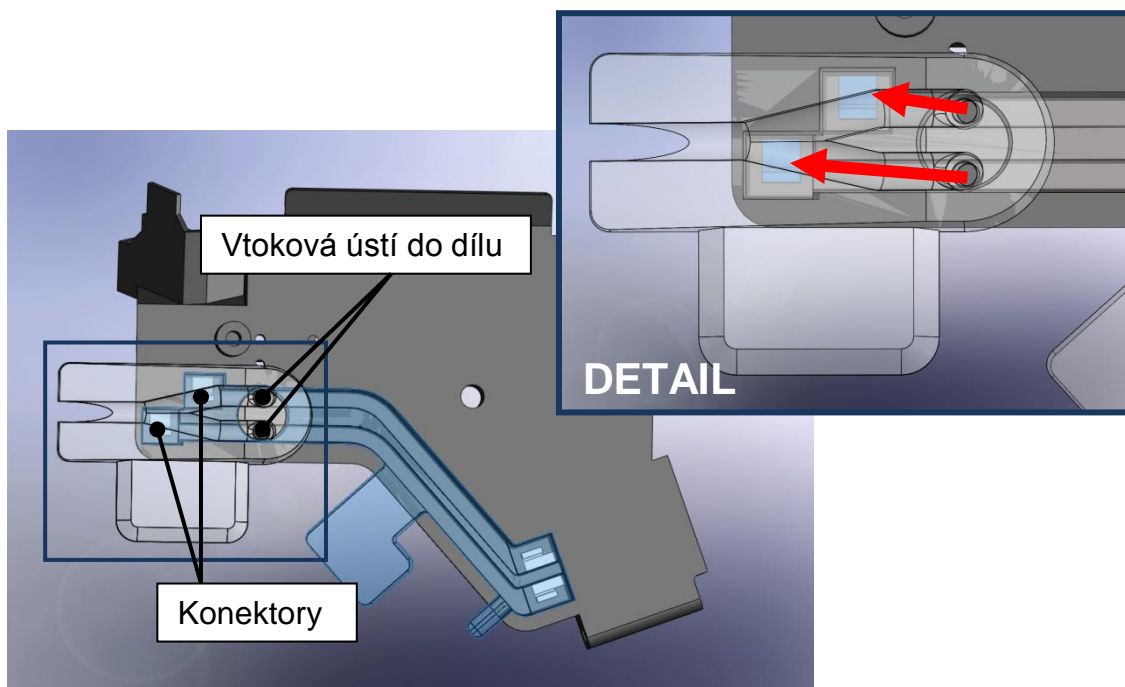
Protavení stěny prvního obstříku ve druhé fázi vstřikování

Ve druhé vstřikovací fázi, která byla popsána v kapitole 5.5, dochází ke vstřikování vodivého plastu v kolmém směru na stěnu obstříku, vytvořeného v první fázi. Vzhledem k vysokým vstřikovacím rychlostem a tlakům, může dojít k protavení stěny původního obstříku v místě zobrazeném na obrázku 120. Toto riziko protavení bylo pečlivě zváženo a konzultováno s odborníky podniku. Na základě zkušeností s touto problematikou v rámci podniku, bylo toto riziko shledáno jako přijatelné. Dalším důvodem současné konstrukce s takto řešeným vtokem kolmo do stěny je ověřit funkčnost právě této extrémní polohy, pro její jednoduchost a zjištění možnosti její uplatnění v praxi.



Obr. 120 Riziko protavení stěny obstříku – zobrazení kritického místa

V případě komplikací s tímto protavením však existuje několik konstrukčních možností pro jeho eliminaci. Jedna z těchto možností spočívá ve změně konstrukce Jádra 4 a jeho posunutí nad konektorové plochy. Tímto řešením by bylo umožněno vstřikování vodivého plastu kolmo do kovových ploch konektorů, čímž by se toto riziko zcela odstranilo. Toto posunutí bez naznačení konstrukčních úprav Jádra 4 je zobrazeno na obrázku 121.

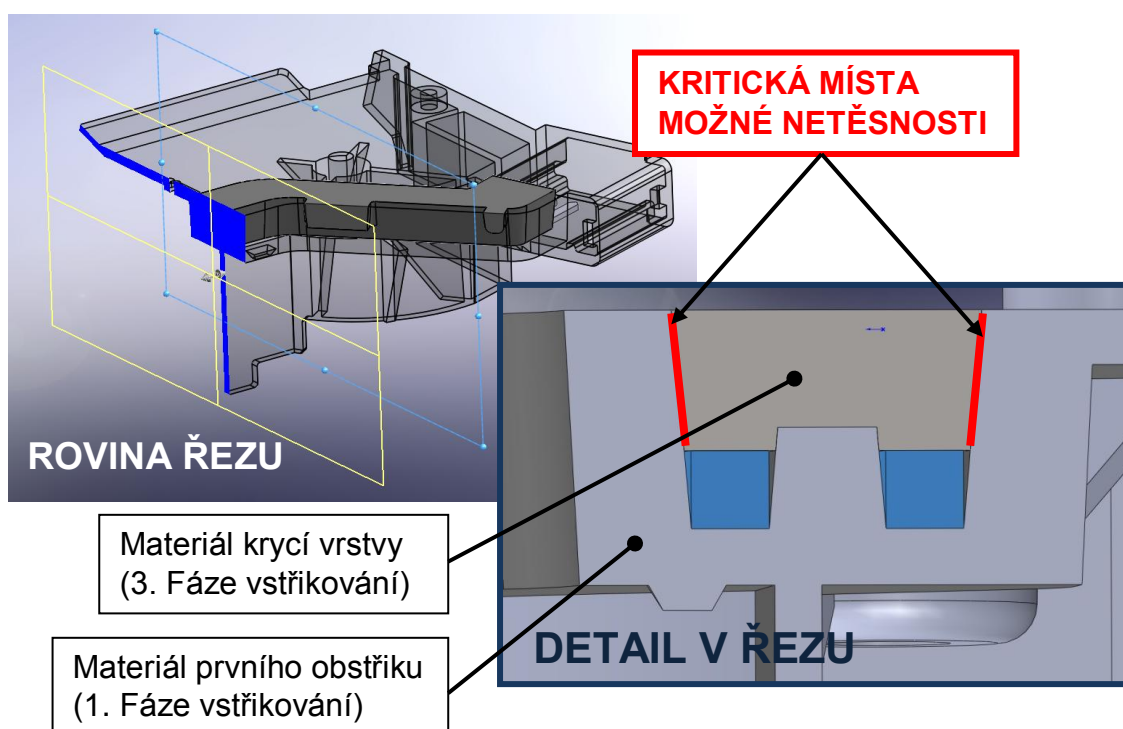


Obr. 121 Návrh řešení v případě protavení materiálu v kritických místech – směr posunutí vtoků do dílu nad plochy konektorů je naznačen červeně v poli DETAIL

Dalším ze způsobů řešení tohoto problému je také úprava konstrukce samotných vtoků a změna vstřikovacích úhlů.

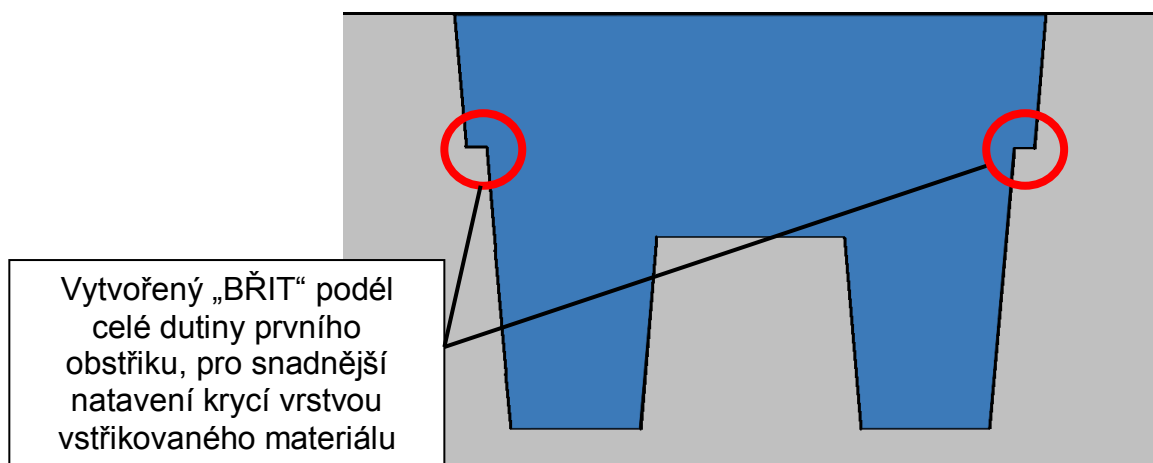
Nedostatečné spojení krycí vrstvy materiálu s prvním obstříkem

Vzhledem ke třem vstřikovacím fázím celého výrobního procesu a jejich časovým prodlevám, může dojít k nedostatečnému spojení krycí vrstvy materiálu (vstřikované ve třetí fázi) s prvním obstříkem (vstřikován v první fázi). Dostatečné spojení obou vstřikovaných materiálů ve fázi 1 a 3 je důležité z hlediska splnění požadavku krytí IP6K7 (vodotěsnost a prachotěsnost). Tato problematika a znázornění možné netěsnosti je zobrazena na obrázku 122.



Obr. 122

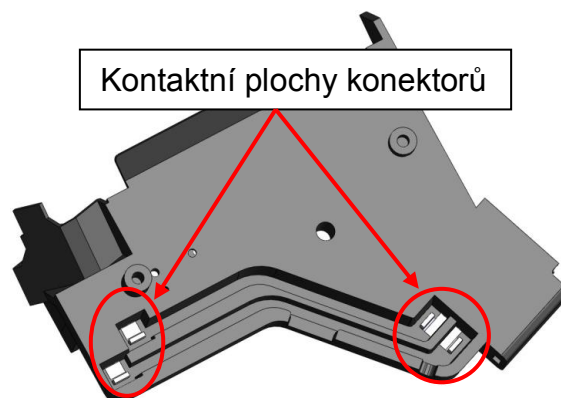
Možným řešením tohoto problému je dodatečné upravení profilů Jader 1 a 2. Tento profil je schematicky znázorněn na obrázku 123. Vzhledem k této konstrukční úpravě jader, dojde k vytvoření břitu, naznačeného v obr.123, podél celé dutiny, vytvořené pro vstřikování krycí vrstvy. Při vstřikování krycího materiálu do takto upravené dutiny dojde k natavení tohoto břitu a tím se docílí lepšího spojení obou materiálů.



Obr. 123 Návrh řešení možného problému s těsností dílu – vytvoření břitu

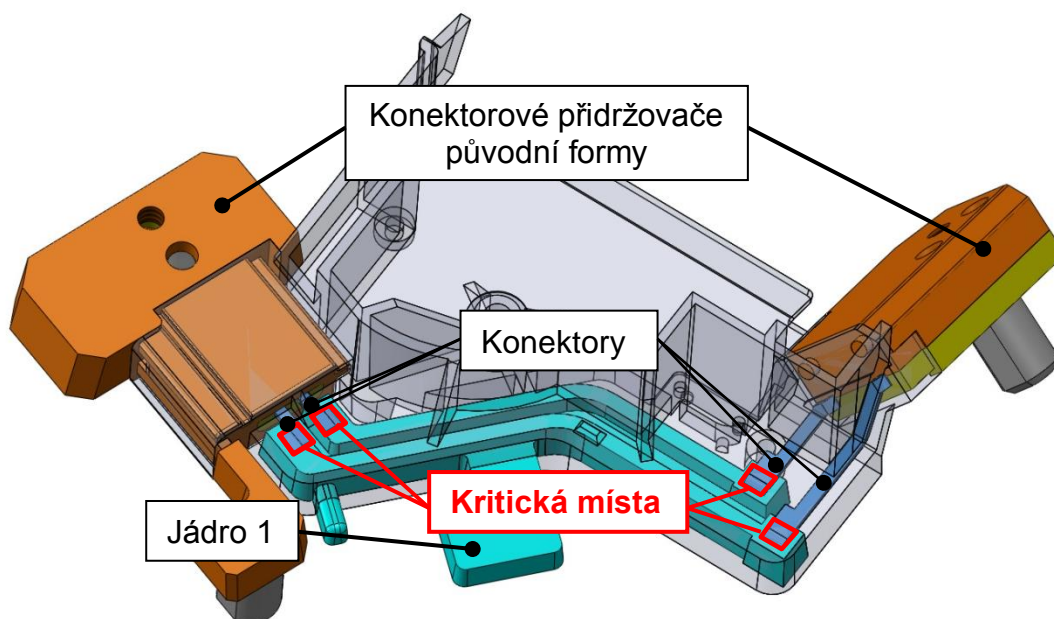
Nedostatečné držení konektorů v Jádře 1 při první fázi vstřikování

V první fázi vstřikování může docházet k nedostatečnému držení konektorových částí v Jádře 1, což může způsobovat zatečení vstřikovaného materiálu do kontaktních ploch konektorů pro vodivý plast (obr.124). Na těchto kontaktních plochách musí být zachována dostatečná čistota, nutná pro kvalitní spojení konektorů s vodivým plastem.



Obr. 124 Kontaktní plochy konektorů pro spojení s vodivým plastem

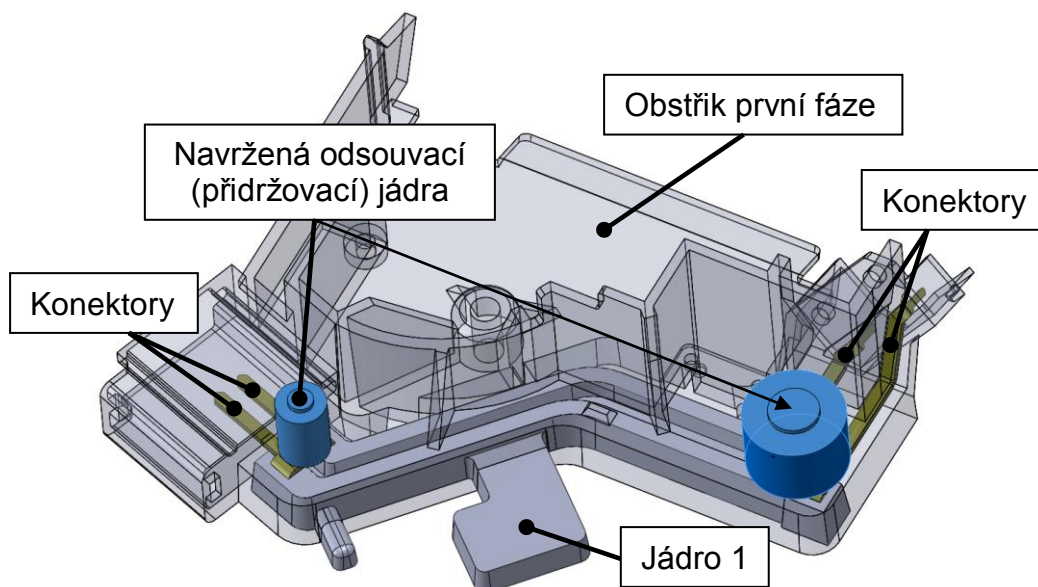
Tyto kontaktní plochy konektorů a současný stav návrhu konstrukčního řešení, jsou zobrazeny na obrázku 124-125.



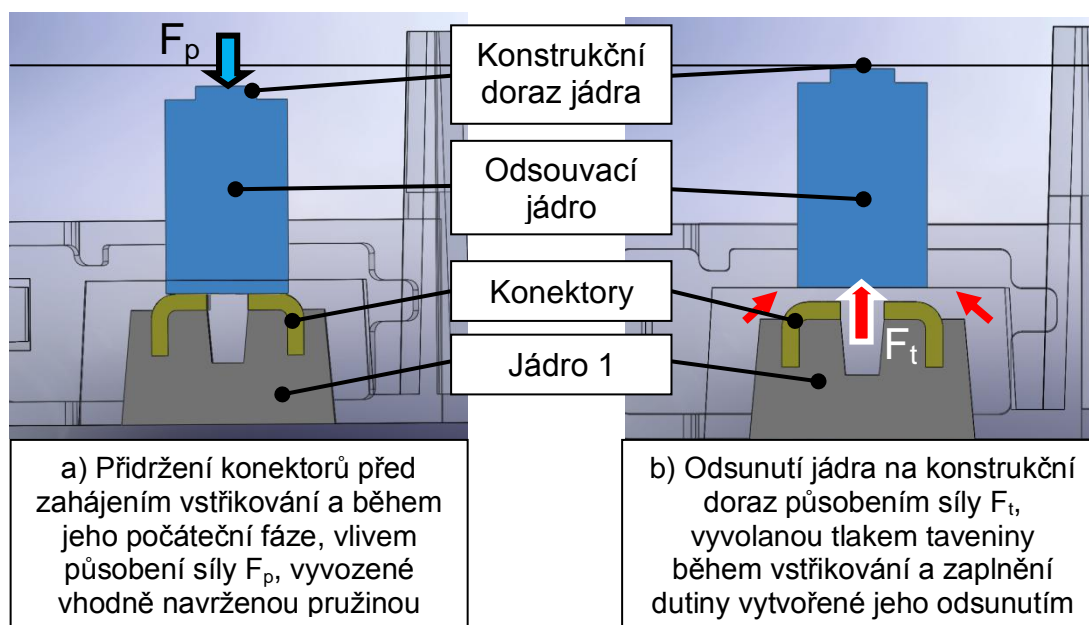
Obr. 125 Současný stav konstrukčního návrhu a způsob založení konektorů v Jádře 1, včetně zobrazení kritických míst zatečení materiálu do kontaktních ploch konektorů

Odstranění této případné komplikace je možné vytvořením speciálních odsouvacích jader (obr.126). Princip funkce těchto jader spočívá v přidržení konektorů v Jádře 1 před naplněním dutiny formy a během počáteční fáze vstřikování, přičemž přidržovací síla těchto jader je vyvozená vhodně navrženou pružinou. Ke konci vstřikovací fáze dojde k zaplnění dutiny a vyvolání tlaku

v dutině formy vstřikovanou taveninou. Vlivem působení tohoto tlaku v dutině formy dojde k posunutí odsouvacího jádra na konstrukční doraz a k vyplnění dutiny vzniklé tímto odsunutím. Tento princip je schematicky znázorněn a popsán v řezu na obrázku 127.



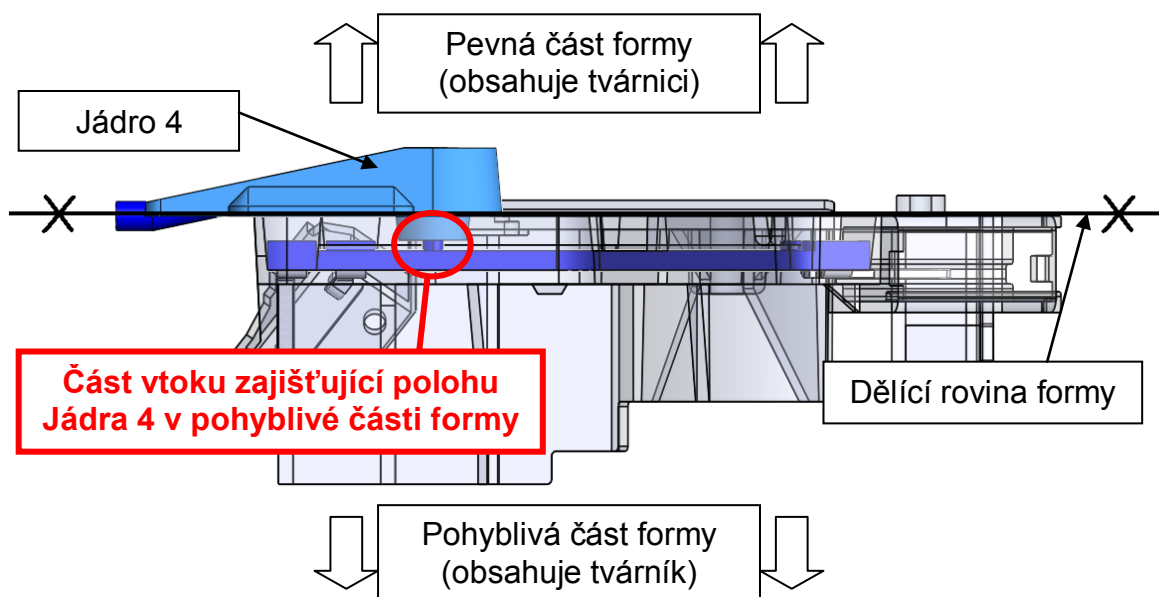
Obr. 126 Návrh řešení v případě nedostatečného držení konektorů v Jádře 1 pomocí odsouvacích/přidržovacích jader a jejich umístění



Obr. 127 Schematické znázornění principu funkce odsouvacích (přidržovacích) jader v řezu

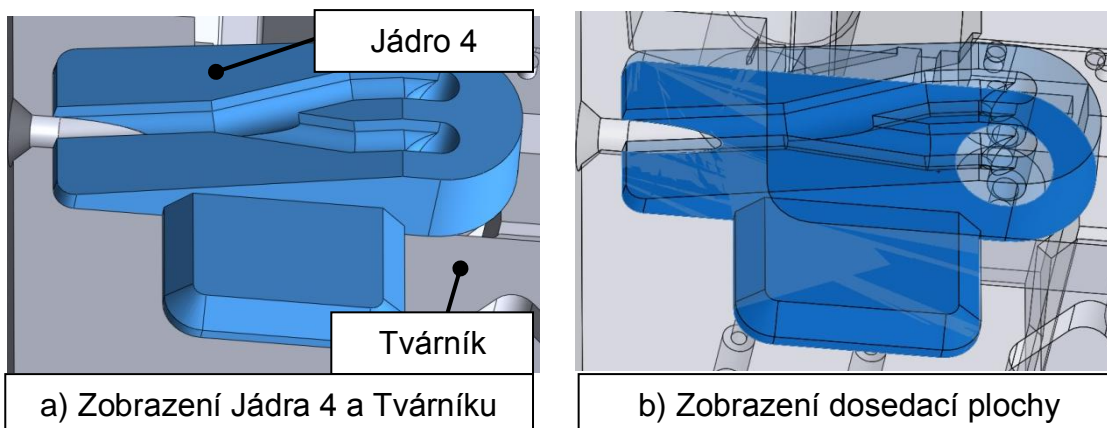
Nedostatečné držení Jádra 4 v pohyblivé vložce formy (tvárníku), po dokončení druhé fáze vstřikování a rozevření formy

Po dokončení druhé fáze vstřikování (vstřikování vodivého plastu) a rozevření formy, vzniká riziko nedostatečného držení Jádra 4 v pohyblivé části formy. Tato poloha Jádra 4 je důležitá z technologického hlediska výroby, přičemž tuto polohu zajišťuje pouze zatuhlá část vtoku vodivého plastu, viz obr. 128.



Obr. 128 Možnost nedostatečného držení Jádra 4 v pohyblivé části formy, po jejím rozevření

Pokud popsané držení Jádra 4 nebude dostatečné, je možné jeho dosedací plochu s pohyblivou vložkou formy (tvárníku) dodatečně vybavit vhodně navrženými magnety. Tato dosedací plocha Jádra 4 s pohyblivou vložkou formy (tvárníkem), je zobrazena na obrázku 129b.



Obr. 129

6. PŘEDPOKLÁDANÉ NÁKLADY NA PROTOTYPOVOU VÝROBU A REALIZACI PROJEKTU

6.1 Cenové odhady jednotlivých položek projektu

Konstrukční úpravy formy

<i>Název dílu</i>	<i>Cenový odhad</i>	<i>Měna</i>
<i>Konektor 1-4 (200ks)</i>	320	€
<i>Jádro 1</i>	1800	€
<i>Jádro 2</i>	1700	€
<i>Jádro 3-záslepka</i>	500	€
<i>Jádro 4</i>	1500	€
<i>Jádro 5-záslepka</i>	1200	€
<i>Pevná vložka formy</i>	1300	€
<i>Jádro pevné vložky</i>	800	€
<i>Pohyblivá vložka formy</i>	1900	€
<i>Vtoková vložka</i>	200	€
<i>Celkem za úpravy</i>	11220	€

Cena granulátu obou vstřikovaných materiálů pro 200ks výrobků

<i>Název položky</i>	<i>Cenový odhad</i>	<i>Měna</i>
<i>Celkem za materiál</i>	50	€

Náklady na zařízení Babyplast

a) Zapůjčení zařízení na 3 měsíce

<i>Název položky</i>	<i>Cenový odhad</i>	<i>Měna</i>
<i>Zapůjčení zařízení</i>	2500	€

b) Zakoupení zařízení

<i>Název položky</i>	<i>Cenový odhad</i>	<i>Měna</i>
<i>Zakoupení zařízení</i>	26700	€

Ostatní náklady

<i>Název položky</i>	<i>Cenový odhad</i>	<i>Měna</i>
<i>Montáž zařízení Babyplast na formu stroje</i>	2200	€
<i>Změny a vývojové práce</i>	7000	€
<i>Zkoušky, testy, koordinace, lidské zdroje</i>	3000	€
<i>Celkem za ostatní náklady</i>	12200	€

6.2 Celkový odhad ceny projektu při zapůjčení zařízení Babyplast

Celkem za položku	Částka	Měna
<i>Celkem za úpravy formy</i>	11220	€
<i>Celkem za materiál</i>	50	€
<i>Zapůjčení zařízení BABYPLAST</i>	2500	€
<i>Celkem za ostatní náklady</i>	12200	€
CELKOVÁ CENA PROJEKTU	25 970	€
CELKOVÁ CENA PROJEKTU	637 174	CZK

6.3 Celkový odhad ceny projektu při zakoupení zařízení Babyplast

Celkem za položku	Částka	Měna
<i>Celkem za úpravy formy</i>	11220	€
<i>Celkem za materiál</i>	50	€
<i>Zakoupení zařízení BABYPLAST</i>	26700	€
<i>Celkem za ostatní náklady</i>	12200	€
CELKOVÁ CENA PROJEKTU	50 170	€
CELKOVÁ CENA PROJEKTU	1 230 921	CZK

Poznámka:

Převod měn byl proveden dle kurzu ČNB z 23.5.2011 (1EUR=24,535CZK)

7. TECHNICKO EKONOMICKÉ HODNOCENÍ

Z technického hlediska bylo k projektu přistupováno s cílem dosažení co nejjednodušší aplikace vodivých plastů na zadaném dílu, při splnění všech jeho požadavků a cílů. Veškeré změny v konstrukci výrobku byly navrženy s ohledem na minimalizaci nutných úprav zadané vstřikovací formy a zachování jeho funkce v sestavě zámku. Konstrukce dílu byla dále vhodně přizpůsobena pro vstřikování vodivého plastu s ohledem na jeho vlastnosti. Navržený princip samotné prototypové výroby předpokládá splnění požadavku krytí IP6K7, tedy vodotěsnost a prachotěsnost. V projektu byly také popsány možné komplikace při samotné prototypové výrobě, včetně návrhů jejich řešení.

Tento projekt byl vytvořen s ohledem na dosažení co nejnižších nákladů na jeho realizaci, vzhledem k celkovému charakteru požadovaných cílů. V tomto projektu byly navrženy konstrukční úpravy poskytnuté malosériové vstřikovací

formy, což umožnilo snížení celkových nákladů, vzhledem k ceně za výrobu nově navržené vstřikovací formy. K dalšímu snížení nákladů došlo vzhledem k využití současného vybavení podniku, zejména v ohledu na jeho vybavenost jednokomponentními vstřikovacími lisami. Při návrhu prototypové výroby bylo zvoleno dodatečné vstřikovací zařízení Babyplast, díky kterému není nutná investice do vybavení podniku cenově nákladnými vícekomponentními vstřikovacími lisami.

Cenový odhad nákladů na realizaci tohoto projektu byl proveden na základě konzultací této problematiky s odborníky podniku, který byl zadavatelem tohoto projektu. Vzhledem ke dvěma možným nákladovým variantám, které se odlišují v možnosti zapůjčení, či zakoupení vstřikovacího zařízení Babyplast, je nutné z pozice podniku zvolit vhodnější variantu. V případě zakoupení tohoto zařízení, jsou náklady vyšší o 593 747,- CZK a odhad celkových nákladů činí 1 230 921,- CZK. Při výběru této varianty však lze zařízení Babyplast využívat i v dalších vývojových projektech a vzhledem k jeho charakteru a technickému řešení, lze toto zařízení využívat i u menších výrobních sérií. V případě zapůjčení zařízení Babyplast na dobu tří měsíců, dojde k jednorázovému snížení nákladů na tento projekt o zmíněných 593 747,-CZK a odhad celkových nákladů činí 637 174,- CZK. Při výběru této varianty je však nutné zvážit její ekonomickou výhodnost, s ohledem na další možné investice vzniklé v případě budoucí potřeby tohoto zařízení.

Závěr

V teoretické části projektu byla zpracována problematika technologických možností propojování elektrického vybavení v automobilových zámcích. Tyto technologie jsou v projektu zhodnoceny z hlediska jejich vhodnosti k využití u automobilových zámků a vzájemně porovnány.

V praktické části projektu byla navržena prototypová výroba dílu s aplikací elektricky vodivých plastů. Pro tento účel jsou v projektu navrženy konstrukční změny zadaného dílu a zadané malosériové vstřikovací formy. V této části práce jsou dále popsány možné komplikace při realizaci navržené prototypové výroby, včetně návrhů jejich řešení. V projektu je proveden cenový odhad nákladů na realizaci navržené prototypové výroby a závěru praktické části bylo provedeno technicko-ekonomické hodnocení. Výstupem praktické části projektu je také kompletní výkresová dokumentace navržených konstrukčních úprav zadané formy.

Seznam použitých zdrojů

- [1] *Wikipedie: Otevřená encyklopedie* [online]. 2011 [cit. 2011-05-25]. Ford Model T. Dostupné z WWW: <http://en.wikipedia.org/wiki/Ford_t>.
- [2] *Ehow* [online]. 2011 [cit. 2011-05-25]. About Car Locks. Dostupné z WWW: <http://www.ehow.com/about_4673204_car-locks.html>.
- [3] *E-Store: China Wholesale Center* [online]. 2011 [cit. 2011-05-25]. Car Lock 20. Dostupné z WWW: <<http://www.p-wholesale.com/cn-pro/9/433to1/car-lock-20-413205.html>>.
- [4] *Elektrické kabely* [online]. [cit. 2011-05-25]. Dostupné z WWW: <<http://www.encables.cz/data/elektricke-kabely-obecne.pdf>>.
- [5] *Autorykl* [online]. 2011 [cit. 2011-05-25]. Zámek předních dveří Octavia. Dostupné z WWW: <<http://www.nd-skoda-volkswagen.cz/cz/autodily-skoda/octavia/dily-karoserie-octavia/zamky-vicka/482-zamek-prednich-dveri-octavia.html>>.
- [6] *Wikipedie: Otevřená encyklopedie* [online]. 2011 [cit. 2011-05-25]. Cable. Dostupné z WWW: <<http://en.wikipedia.org/wiki/Cable>>.
- [7] *Drilling Mud Knowledge* [online]. 2010 [cit. 2011-05-25]. Mineral Oil as Base Fluid of Oil Based Mud. Dostupné z WWW: <<http://www.drilling-mud.org/mineral-oil-as-base-fluid-of-oil-based-mud/>>.
- [8] *Ciur a.s.* [online]. 2009 [cit. 2011-05-25]. Recyklace - výkup papíru. Dostupné z WWW: <<http://www.ciur.cz/clanek/zobrazit/recyklace-vykup-papiru>>.
- [9] SCHWARZ, Otto; EBELING, Friedrich; LÜPKE, Götz. *Kunststoffverarbeitung*. Würzburg : Vogel Verlag und Druck KG, 1991. 248 s. ISBN 3-8023-0836-0.
- [10] *GSM industries* [online]. 2009 [cit. 2011-05-25]. Plastic extruder machinery. Dostupné z WWW: <<http://www.gsmindustries.co.in/pages/products/plastic-extruder-machinery.html>>.
- [11] *SMT centrum: Odborná poradna a vzdělávací středisko* [online]. 2010 [cit. 2011-05-25]. Teorie krimpování. Dostupné z WWW: <<http://www.smtcentrum.cz/teorie-krimpovani/teorie-krimpovani/>>.
- [12] *Z historie plošných spojů* [online]. [cit. 2011-05-25]. Dostupné z WWW: <http://www.mikrozone.eu/soubory/downloads/print/dps-az/1/zajimavosti_z_historie_plosnych_spoju.pdf>.
- [13] *Circuit Board* [online]. 2010 [cit. 2011-05-25]. Flexible circuit board. Dostupné z WWW: <<http://circuitboard1.com/flexible-circuit-board-4/>>.

- [14] *NASA images* [online]. 1995 [cit. 2011-05-25]. Conduction Circuits. Dostupné z WWW: <<http://www.nasaimages.org/luna/servlet/detail/nasaNAS~2~2~12819~115012>>.
- [15] *Design world* [online]. 2008 [cit. 2011-05-25]. New Line of Flexible Heaters . Dostupné z WWW: <<http://www.designworldonline.com/articles/2441/298/New-Line-of-Flexible-Heaters.aspx>>.
- [16] *Circuit Board* [online]. 2011 [cit. 2011-05-25]. /Flexible-Circuit-Boards. Dostupné z WWW: <<http://www.circuitboard1.com/wp-content/uploads/2010/10/Flexible-Circuit-Boards-Pictures.jpg>>.
- [17] *Theurer* [online]. 2010 [cit. 2011-05-25]. Präzision vom Prototyp bis zur Serie. Dostupné z WWW: <<http://www.theurer-werkzeugbau.de/>>.
- [18] *Elweb* [online]. 2009 [cit. 2011-05-25]. Mikropáječka - jak pájet? kterou koupit? . Dostupné z WWW: <<http://www.elweb.cz/clanky.php?clanek=80>>.
- [19] *Esab* [online]. 2010 [cit. 2011-05-25]. Bodové svařování. Dostupné z WWW: <<http://www.esab.cz/cz/cz/education/processes-spot-welding.cfm>>.
- [20] BASF spol. s r.o. Praha 5, podnikové zdroje
- [21] *Manufacturing of molded interconnect devices from prototyping to mass production with laser direct Structuring* [online]. [cit. 2011-05-25]. Dostupné z WWW: < http://www.lpkf.com/_mediafiles/1277-mechatronic-component-for-automatic-steering-wheel.pdf>.
- [22] *Polymery II* [online]. [cit. 2011-05-25]. Dostupné z WWW: < http://www.procesniinzenyrstvi.wz.cz/2_rocnik/polymery_II/zpracovane_prednasky_1-11.pdf >.
- [23] *Multimediální výukový systém* [online]. 2010 [cit. 2011-05-25]. Pájení v elektrotechnice. Dostupné z WWW: <<http://www.umel.feec.vutbr.cz/~vasko/multimedialni-ucebnice/pajeni-v-elektrotechnice/>>.
- [24] *Youtube* [online]. 2009 [cit. 2011-05-25]. Reflow Soldering . Dostupné z WWW: <<http://www.youtube.com/watch?v=gu0v8lfLcKg&feature=related>>.
- [25] *Recommended Soldering Techniques* [online]. [cit. 2011-05-25]. Dostupné z WWW: <http://www.diodes.com/pdfs/Ap02014_R1_Soldering.pdf >.
- [26] *Highly Conductive Plastics – Custom-formulated Functional Materials for Injection Mouldable Electronic Applications* [online]. [cit. 2011-05-25]. Dostupné z WWW: <http://www.ismithers.net/downloads/chapters/Polymer_Electronics_Chpt5.pdf>.

- [27] A. Schulman [online]. 2010 [cit. 2011-05-25]. Innovations Applied. Dostupné z WWW: <http://www.aschulman.com/Americas/Engineered-Plastics/Innovations-Applied/107/SCHULATEC_TinCo_The_Electrically_Conductive_Compound.aspx>.
- [28] ZEMAN, Lubomír. *Vstřikování plastů*. Praha : BEN, 2009. 248 s. ISBN 978-80-7300-250-3.
- [29] MENGES, Georg; WALTER, Michaeli ; MOHREN , Paul. *How to Make Injection Molds*. Munich : Hanser Mublshers, 1999. 601 s. ISBN 1-56990-282-8.
- [30] PRW [online]. 2010 [cit. 2011-05-25]. Bright future for conductive plastic. Dostupné z WWW: <<http://m.prw.com/story.html?id=1291027477>>.
- [31] Cecho [online]. 2010 [cit. 2011-05-25]. Přídavná vstřikovací jednotka. Dostupné z WWW: <http://www.cecho.cz/index_cz.php?cat=show&sid=4&cid=11>.

Seznam příloh

Výkresy zadání

1. Stanzgitter (STG) – č. výkresu: E5060508161
2. Sestava zadaného dílu – č. výkresu: E420
3. Pevná vložka formy – č. výkresu: VL244.09
4. Jádro pevné vložky – č. výkresu: VL244.14
5. Pohyblivá vložka formy – č. výkresu: VL244.10
6. Vtoková vložka – č. výkresu: VL244.31

Výkresy návrhu řešení

7. Konektor 1 – č. výkresu: DRN-07
8. Konektor 2 – č. výkresu: DRN-08
9. Konektor 3 – č. výkresu: DRN-09
10. Konektor 4 – č. výkresu: DRN-10
11. Jádro 1 – č. výkresu: DRN-11
12. Jádro 2 – č. výkresu: DRN-12
13. Jádro 3-záslepka – č. výkresu: DRN-13
14. Jádro 4 – č. výkresu: DRN-14
15. Jádro 5-záslepka – č. výkresu: DRN-15
16. Pevná vložka formy – č. výkresu: DRN-16
17. Jádro pevné vložky – č. výkresu: DRN-17
18. Pohyblivá vložka formy – č. výkresu: DRN-18
19. Vtoková vložka – č. výkresu: DRN-19

Protokoly

20. Protokol 1 - ověření elektrické vodivosti
21. Protokol 2 - výpočet objemu a hmotnosti vstříkovaného materiálu, včetně vtokových soustav